

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

DIAGRAMAS PARA VERIFICAÇÃO DE PILARES
RETANGULARES EM CONCRETO ARMADO
SUBMETIDOS À FLEXÃO COMPOSTA NORMAL

Dissertação submetida à
Universidade Federal de Santa
Catarina exigida pelo Programa de
Pós-Graduação em Engenharia
Civil - PPGEC, como parte dos
requisitos para obtenção do Título
de Mestre em Engenharia Civil.

KLEYSER RIBEIRO

Florianópolis

2011

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

R484d Ribeiro, Kleyser

Diagramas para verificação de pilares retangulares em concreto armado submetidos à flexão composta normal [dissertação] / Kleyser Ribeiro ; orientador, Daniel Domingues Loriggio. - Florianópolis, SC, 2011.
308 p.: il., grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia civil. 2. Colunas de concreto. 3. Estabilidade. 4. Programas de computador - Verificação. I. Loriggio, Daniel Domingues. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU 624

DIAGRAMAS PARA VERIFICAÇÃO DE PILARES
RETANGULARES EM CONCRETO ARMADO
SUBMETIDOS À FLEXÃO COMPOSTA NORMAL

KLEYSER RIBEIRO

Dissertação submetida à Universidade
Federal de Santa Catarina exigida
pelo Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil - PPGEC, como
parte dos requisitos para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia Civil.

Prof^ª. Janaíde Cavalcante Rocha – Coordenadora do PPGEC

Prof. Daniel Domingues Loriggio, Dr. – Orientador / Moderador

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. João Carlos Della Bella, Dr. – EP/USP

Prof. Marcos Aurélio Marques Noronha, Dr. – ECV/UFSC

Prof. Narbal Ataliba Marcellino, Dr. – ECV/UFSC

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus e aos meus primeiros professores: meu pai, Loreni João Ribeiro, e minha mãe, Rosenilda Cardoso Ribeiro.

Agradeço ao orientador deste trabalho, Dr. Daniel Domingues Loriggio, pela atenção durante o curso de mestrado.

Agradeço também aos mestres que contribuíram para a minha formação no curso de mestrado: Narbal Ataliba Marcellino, Henriette Lebre La Rovere e Roberto Caldas de Andrade Pinto. Aos professores da graduação: Nelson Alves Trigo, Sandra Denise Kruger Alves e Doalcey Antunes Ramos.

Ademais, agradeço aos meus amigos do Grupo de Experimentação e Análise de Estruturas pela companhia durante o mestrado: Artur Antonio Dal Prá, Carlos Antonio Menegazzo Araujo, Daniel Venâncio Vieira, Elisabeth Junges, Fernando Toppan Rabello, Flávia Gelatti, Gustavo Amaral, Lourenço Panosso Perlin, Paulo Junges e aos demais colegas que passaram pelo grupo.

Agradeço também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos e aos funcionários do Departamento de Engenharia Civil e do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	13
LISTA DE TABELAS	17
RESUMO	19
ABSTRACT	21
1 INTRODUÇÃO	23
1.1 Delimitações do trabalho.....	23
1.2 Objetivos	24
1.3 Justificativa	24
1.4 Metodologia	25
1.5 Convenções	26
1.6 Hipóteses fundamentais	27
1.7 Estrutura do texto	30
1.8 Ineditismo e contribuição científica	30
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	32
2.1 Normalização	32
2.1.1 Norma brasileira (ABNT NBR 6118: 2007).....	32
2.1.2 Norma européia (EN 1992: 2004).....	34
2.2 Trabalhos acadêmicos	37
2.2.1 Trabalhos do Grupo de Análise e Projeto de Estruturas da UFSC	37
2.2.2 Trabalhos nacionais	38
2.2.3 Panorama internacional.....	40
2.3 Considerações acerca da revisão bibliográfica.....	41

3 FUNDAMENTOS DA ESTABILIDADE DE ESTRUTURAS	42
3.1 Tipos de equilíbrio	43
3.2 Conceitos de momento interno e momento externo.....	44
3.3 Estados limites últimos em elementos de concreto armado.....	47
3.4 Tipos de comportamento estrutural de pilares	48
3.4.1 Compressão centrada em pilares de material elástico-linear	48
3.4.2 Flexão composta em pilares de material elástico-linear	50
3.4.3 Compressão centrada em pilares de material não-linear.....	51
3.4.4 Flexão composta em pilares de material não-linear.....	51
4 ANÁLISE DA RELAÇÃO MOMENTO-CURVATURA	53
4.1 Definição de curvatura.....	53
4.2 Determinação da relação momento-curvatura	56
4.3 Exemplo de construção do diagrama momento-curvatura.....	62
4.4 Considerações acerca da relação momento-curvatura	64
4.5 Ajustamento de curvas.....	64
4.6 Propostas de ajustamento.....	66
4.6.1 Proposta de ajuste ideal	67
4.6.2 Proposta de ajuste simples	74
4.7 Considerações acerca da formulação da segurança	74
5 DETERMINAÇÃO DE EFEITOS LOCAIS DE 2ª ORDEM	76
5.1 Classificação dos pilares quanto aos efeitos de 2ª ordem	78
5.2 Método geral	79
5.2.1 Analogia de Mohr	81
5.2.2 Método das Diferenças Finitas	87
5.3 Métodos aproximados.....	91
5.3.1 Método do pilar-padrão com curvatura aproximada.....	91

5.3.2 Método do pilar-padrão com rigidez aproximada	92
5.3.3 Método do pilar-padrão acoplado a diagramas de momento- curvatura	93
5.3.4 Método do pilar-padrão melhorado.....	94
6 DESENVOLVIMENTO DAS PLANILHAS ELETRÔNICAS E DOS PROGRAMAS COMPUTACIONAIS	96
6.1 Planilhas eletrônicas.....	96
6.2 Programa PPAP-FCN	99
6.2.1 PPAP-FCN para duas linhas de armadura	100
6.2.2 PPAP-FCN Múltiplas Camadas	101
6.3 Programa GAP-PAPilar	103
7 DESENVOLVIMENTO DAS TABELAS E DOS DIAGRAMAS .	106
7.1 Esforço normal e momento fletor adimensionais.....	106
7.2 Construção dos diagramas de interação	107
7.3 Índice de esbeltez	108
7.4 Tabelas e diagramas de interação.....	110
7.5 Comentários sobre fórmulas aproximadas de dimensionamento	111
7.6 Comentários sobre a disposição das barras	113
8 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO.....	115
8.1 Exemplo de dimensionamento	115
8.1.1 Resolução pelas tabelas de interação	117
8.1.2 Resolução pelos diagramas de interação.....	119
8.1.3 Resolução pelo método do pilar-padrão com rigidez aproximada.....	121
8.1.4 Determinação do momento resistente e dos efeitos de segunda ordem pelo programa PPAP-FCN.....	123

8.1.5 Determinação do momento resistente e dos efeitos de segunda ordem pelas planilhas eletrônicas	124
8.1.6 Análise dos resultados	124
8.2 Exemplo de verificação	125
8.2.1 Determinação do momento resistente pelas tabelas de interação	127
8.2.2 Determinação do momento resistente pelos diagramas de interação	127
8.2.3 Determinação do momento resistente pelo programa PPAP-FCN	128
8.2.4 Determinação do momento resistente pelas planilhas	129
8.2.5 Análise dos resultados	131
8.3 Determinação do máximo esforço normal de cálculo.....	132
8.3.1 Verificação do valor do esforço normal de cálculo por meio das planilhas eletrônicas	137
8.3.2 Verificação do valor do esforço normal de cálculo por meio do programa PPAP-FCN	138
8.3.3 Considerações acerca da determinação do máximo esforço normal de cálculo.....	138
9 ANÁLISE DOS DIAGRAMAS	139
9.1 Análise das variáveis	139
9.2 Generalização da análise.....	141
9.3 Considerações acerca de fórmulas aproximadas.....	143
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	145
Quanto ao desenvolvimento das tabelas e dos diagramas.....	145
Quanto ao ajustamento de curvas	146
Quanto ao uso das tabelas e dos diagramas em substituição de métodos aproximados	147

Alternativas para ampliação do trabalho e idéias para trabalhos futuros	147
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	149
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	153
ANEXO.....	155

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Convenção de sinais para força e tensão.....	26
Figura 2: Convenção de momento fletor com tendência de giro.....	27
Figura 3: Domínios de deformação.....	28
Figura 4: Diagrama tensão-deformação do concreto.....	29
Figura 5: Diagrama tensão-deformação do aço.....	29
Figura 6: Características de resistência e de deformação do concreto. .	35
Figura 7: Diagrama tensão-deformação para o concreto comprimido. .	36
Figura 8: Distribuições de deformações admissíveis no Estado Limite Último.	37
Figura 9: Posições de equilíbrio possíveis.	43
Figura 10: Determinação dos pontos de equilíbrio estável e de equilíbrio instável no diagrama que relaciona momento interno e momento externo.....	44
Figura 11: Modelo de barra com mola para representar um pilar submetido à compressão centrada.	45
Figura 12: Modelo de barra com mola para representar um pilar submetido à flexão composta.	45
Figura 13: Barra reta submetida a uma carga axial.	49
Figura 14: Instabilidade de barras retas de material elástico-linear submetidas à compressão centrada.....	49
Figura 15: Barra reta submetida a uma carga excêntrica.....	50
Figura 16: Instabilidade de barras retas de material elástico-linear submetidas à flexão composta.....	51
Figura 17: Instabilidade de barras retas de material não-linear submetidas à compressão centrada.....	52
Figura 18: Instabilidade de barras retas de material não-linear submetidas à flexão composta.....	52
Figura 19: Linha elástica.	54
Figura 20: Raio de curvatura proveniente da flexão.	54
Figura 21: Seção transversal retangular com armadura distribuída em duas faces opostas (duas linhas de armadura).	58
Figura 22: Deformações na seção transversal.	58
Figura 23: Fluxograma de construção da tabela de momento-curvatura.	59
Figura 24: Relação momento-curvatura segundo a ABNT NBR 6118: 2007.....	61

Figura 25: Dados do pilar do exemplo para construção do diagrama de momento-curvatura.	62
Figura 26: Exemplo de diagrama de momento-curvatura.	63
Figura 27: Medida dos desvios verticais até a curva de regressão.	65
Figura 28: Seção transversal do exemplo de ajustamento.	67
Figura 29: Gráfico de dispersão para a relação momento-curvatura do exemplo de ajustamento com $\nu = 0,0$	68
Figura 30: Ajustamento de curvas à relação momento-curvatura do exemplo de ajustamento com $\nu = 0,0$	68
Figura 31: Ajustamento de uma equação ao trecho parabólico do exemplo de ajustamento com $\nu = 0,0$	69
Figura 32: Ajustamento de uma equação ao trecho linear do exemplo de ajustamento com $\nu = 0,0$	69
Figura 33: Comparação entre a curva exata e a curva obtida pelo processo de ajuste simples para o exemplo de ajustamento com $\nu = 0,5$	75
Figura 34: Influência da forma do diagrama de momento de primeira ordem.	77
Figura 35: Transformação de vínculos para obtenção da viga conjugada.	82
Figura 36: Primeira etapa da aplicação da analogia de Mohr a pilares bi-apoiados.	84
Figura 37: Início das etapas subseqüentes na aplicação da analogia de Mohr a pilares bi-apoiados.	85
Figura 38: Ilustração do processo de convergência pela analogia de Mohr.	85
Figura 39: Fluxograma para programação da analogia de Mohr.	86
Figura 40: Ilustração da aplicação do método das diferenças finitas. ...	88
Figura 41: Fluxograma para programação do método das diferenças finitas.	90
Figura 42: Aplicação do método do pilar-padrão acoplado ao diagrama de momento-curvatura.	94
Figura 43: Planilha para construção da relação momento-curvatura. ...	98
Figura 44: Planilha para cálculo dos efeitos de segunda ordem pelo método das diferenças finitas.	99
Figura 45: Estrutura do programa PPAP-FCN.	100
Figura 46: Janela principal do programa PPAP-FCN.	101
Figura 47: Janela principal do programa PPAP-FCN Múltiplas Camadas.	102
Figura 48: Estrutura do programa GAP-PAPilar.	104

Figura 49: Janela principal do programa GAP-PAPilar.	105
Figura 50: Disposições de armadura na seção transversal de um pilar.	106
Figura 51: Representação genérica de um diagrama de interação.....	107
Figura 52: Comprimento de flambagem para vinculações usuais.	109
Figura 53: Demonstração da validade dos resultados obtidos com as fórmulas aproximadas de dimensionamento.	112
Figura 54: Influência do número de linhas de armadura na capacidade resistente.	113
Figura 55: Representação do pilar e da seção transversal do exemplo de dimensionamento.	116
Figura 56: Demonstração da interpolação na tabela de interação.	118
Figura 57: Demonstração da obtenção da taxa mecânica de armadura por meio dos diagramas de interação.	120
Figura 58: Representação da seção transversal com cinco linhas de armadura.	125
Figura 59: Dados de entrada e resultados finais da relação momento- curvatura no programa PPAP-FCN Múltiplas Camadas.	129
Figura 60: Janela M-N-1/r com resultados parciais da relação momento- curvatura no programa PPAP-FCN Múltiplas Camadas.	130
Figura 61: Cabeçalho da planilha para várias linhas de armadura com os dados de entrada e os resultados finais da relação momento-curvatura.	130
Figura 62: Visão geral da planilha para várias linhas de armadura com os dados de entrada e os resultados parciais obtidos.	131
Figura 63: Representação da seção transversal do exemplo de determinação do máximo esforço normal de cálculo.	133
Figura 64: Demonstração do processo para obtenção do máximo esforço normal de cálculo pelos diagramas de interação.	136
Figura 65: Análise da variação do índice de esbeltez.....	139
Figura 66: Análise da variação da relação d'/h	140
Figura 67: Análise da variação do número de linhas de armadura.....	141

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Expressões para o cálculo das deformações na seção transversal.	60
Tabela 2: Expressões para o cálculo das forças resultantes no aço.	60
Tabela 3: Expressões para o cálculo das forças resultantes no concreto.	61
Tabela 4: Relação momento-curvatura do exemplo para construção do diagrama momento-curvatura.	63
Tabela 5: Verificação do ajustamento das curvas à relação momento-curvatura do exemplo de ajustamento com $\nu = 0,0$	71
Tabela 6: Equações para a relação momento-curvatura do exemplo de ajustamento para diferentes níveis de esforço normal.	73
Tabela 7: Equações obtidas pelo processo de ajuste simples para a relação momento-curvatura do exemplo de ajustamento.	75
Tabela 8: Determinação dos valores de α_b segundo a ABNT NBR 6118: 2007.	92
Tabela 9: Valores de β	112
Tabela 10: Comparação entre os valores obtidos para a área de aço necessária por diferentes métodos de dimensionamento.	124
Tabela 11: Comparação entre os valores do momento fletor resistente obtidos por vários métodos.	131
Tabela 12: Comparação das médias do momento fletor adimensional para duas linhas de armadura.	142
Tabela 13: Comparação das médias do momento fletor adimensional para três linhas de armadura.	142
Tabela 14: Comparação das médias do momento fletor adimensional para quatro linhas de armadura.	142
Tabela 15: Comparação das médias do momento fletor adimensional para cinco linhas de armadura.	142

RESUMO

RIBEIRO, Kleyser. **Diagramas para verificação de pilares retangulares em concreto armado submetidos à flexão composta normal**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2011. 308 p.

Neste trabalho, apresentam-se tabelas e diagramas para a verificação de pilares de seção transversal retangular, em concreto armado, com índice de esbeltez até noventa. Além da verificação da capacidade portante da seção transversal, as tabelas e os diagramas desenvolvidos realizam a verificação da estabilidade dos pilares, sendo agrupados em diferentes níveis de esbeltez, considerando-se a não-linearidade física e a não-linearidade geométrica.

Apresenta-se uma revisão bibliográfica dos principais trabalhos nacionais e internacionais acerca do tema, incluindo-se uma comparação entre a norma brasileira (ABNT NBR 6118: 2007) e a norma européia (EN 1992: 2004).

Para a construção dos diagramas, foram desenvolvidos algoritmos computacionais e implementados na linguagem *REALbasic*.

Em todo o trabalho, foi adotado o método geral, em razão de sua precisão, sendo que os programas executam os procedimentos iterativos relativos à obtenção da relação momento-curvatura e ao cálculo dos efeitos de segunda ordem.

Ao final, são apresentados exemplos de aplicação e comentários acerca da utilização das tabelas e dos diagramas, concluindo-se que o uso destes pode ser útil tanto aos projetistas quanto aos estudantes da área de engenharia civil, seja nas etapas de verificação ou pré-dimensionamento, pois podem ser encontrados resultados mais econômicos que os obtidos por métodos aproximados, respeitando-se as condições de segurança da norma.

Palavras-chave: pilares de concreto armado, estabilidade de pilares, relação momento-curvatura, efeitos de segunda ordem.

ABSTRACT

RIBEIRO, Kleyser. **Diagramas para verificação de pilares retangulares em concreto armado submetidos à flexão composta normal**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2011. 308 p.

This dissertation presents tables and diagrams for the verification of rectangular cross-section columns in reinforced concrete, with slender ratio up to 90. In addition to checking the bearing capacity of the cross-section, the tables and diagrams developed also check column stability, grouped into different levels of slender ratio, considering physical and geometric non-linearities.

The review of the literature presents national and international works on the issue, including a comparison between the Brazilian Code (ABNT NBR 6118: 2007) and the European Code (EN 1992: 2004).

For the construction of diagrams, computational algorithms were developed and implemented in REALbasic.

The general method was adopted throughout the work due to its accuracy. The programs perform iterative procedures regarding the obtaining of moment-curvature relationships and second-order effect calculations.

In the end of the dissertation, application examples and comments on the use of tables and diagrams are presented, concluding that the use of such tools may be useful to both engineers and students of Civil Engineering in verification or preliminary design stages, as they can obtain more economic results than results obtained by approximation methods, while respecting safety conditions in the Brazilian Code.

Keywords: reinforced concrete columns, stability of columns, moment-curvature relationship, second order effects.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de tabelas e diagramas para o pré-dimensionamento e a verificação de elementos estruturais tem sido utilizado há algumas décadas na engenharia civil. O trabalho de Montoya, Meseguer e Cabré (1987), por exemplo, é uma referência em relação ao dimensionamento de pilares, apresentando diagramas para várias geometrias de seção transversal, cheia ou vazada, com várias disposições de armadura. Contudo, os diagramas existentes na literatura apresentam limitações e defasagem em razão da atualização constante das normas. Portanto, o presente trabalho fundamenta-se na elaboração de diagramas, adequados à utilização na prática de projeto e na prática de ensino da engenharia, buscando contornar as limitações existentes e satisfazer as condições normativas da atualidade. Ademais, os diagramas de interação podem ser utilizados para verificação dos resultados obtidos com o processamento da estrutura em programas comerciais.

1.1 Delimitações do trabalho

Compreendido na área de estruturas de engenharia civil, o trabalho diz respeito à análise estrutural de pilares em concreto armado. Limita-se a estudar pilares de seção retangular constante, com armadura simétrica e constante ao longo do seu eixo, submetidos à Flexão Composta Normal (FCN) e cujo índice de esbelteza seja igual ou inferior a noventa ($\lambda \leq 90$). Considera-se somente pilares usuais, cujo maior lado da seção transversal não supere em cinco vezes o seu menor lado, confeccionados em concreto de resistência normal, cuja resistência característica à compressão seja igual ou inferior a 50 MPa.

Cabe salientar que as limitações adotadas estão em conformidade com a norma brasileira (ABNT NBR 6118: 2007), visto que outros documentos normativos apresentam considerações diferenciadas, tal como o Eurocódigo 2 (EN 1992: 2004), que admite como pilares somente os elementos cujo maior lado da seção transversal seja inferior a quatro vezes o seu menor lado e que tenham o comprimento, no

mínimo, igual a três vezes o menor lado da seção. Os elementos que não obedecem a estes requisitos devem ser tratados como pilar-parede.

Os pilares-parede, por sua vez, exigem um estudo mais detalhado, pois podem apresentar os chamados efeitos de segunda ordem localizados. Em suma, pode haver uma região do pilar que apresente não-retilidade maior do que a do eixo do pilar como um todo, aumentando tanto a flexão longitudinal quanto a flexão transversal do elemento. Por estes motivos, o pilar-parede não será estudado neste trabalho.

1.2 Objetivos

Ao final do desenvolvimento deste trabalho, espera-se dispor de diagramas para a verificação de pilares comuns em projetos de edifícios. Ademais, pretende-se utilizar os diagramas desenvolvidos para a realização de estudos acerca da instabilidade de pilares.

Para o decorrer do trabalho, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos, relacionados às suas etapas:

- desenvolvimento de rotinas de programação para a execução de processos iterativos, tais como a construção do diagrama de momento-curvatura e a determinação dos efeitos de segunda ordem;
- confecção de diagramas de interação, relacionando-se o esforço normal e o momento fletor, de forma adimensional, com a inclusão dos efeitos de segunda ordem, para dimensionamento direto;
- análise dos diagramas de interação para a verificação de tendências e alternativas de extrapolação dos resultados sob a forma genérica;
- ajuste de uma equação polinomial à curva de momento-curvatura, visando-se simplificar a sua execução.

1.3 Justificativa

A utilização do concreto armado nas obras em geral resulta das inúmeras vantagens oferecidas pelo material, tais como a capacidade de

moldá-lo ao formato desejado e a durabilidade proporcionada à estrutura. Não obstante, no decorrer dos últimos anos, tem sido demonstrada a sua credibilidade com a crescente utilização em edifícios de grande porte.

Por outro lado, o aumento da resistência característica do concreto tem proporcionado a idealização de estruturas mais esbeltas e formas arquitetônicas mais arrojadadas, tornando necessária uma análise mais sofisticada do seu comportamento. Esta evolução tem feito com que haja a necessidade de adaptação dos métodos de dimensionamento e de detalhamento das estruturas à nova realidade dos projetos.

Portanto, o desenvolvimento de métodos de análise mais precisos e de fácil aplicação prática, nos quais sejam contempladas as exigências normativas, presta grande auxílio tanto aos projetistas quanto aos estudantes da área. Afinal, é certo que os programas comerciais resolvem a maioria dos problemas relacionados ao dimensionamento de uma estrutura, mas cabe salientar que é necessário ao projetista compreender o que está sendo feito e possuir técnicas de verificação. É responsabilidade do profissional de engenharia verificar a coerência dos resultados obtidos ao final de um processamento, dentro de certos padrões de referência confiáveis e que garantam que a solução obtida seja satisfatória. Ademais, qualquer problema nesta fase do projeto pode comprometer tanto a economia quanto a segurança da obra.

Portanto, é indiscutível que os diagramas de verificação auxiliam o profissional nesta fase do projeto. Porém, os diagramas disponíveis na literatura apresentam apenas a resistência da seção transversal e devem ser combinados com outro método de verificação dos efeitos de segunda ordem, enquanto que os diagramas desenvolvidos neste trabalho já contemplam tais efeitos para diferentes relações de esbeltez e tornam o processo mais simples e rápido de ser executado.

1.4 Metodologia

O trabalho se fundamenta na aplicação do método geral para a geração das tabelas e dos diagramas de interação, incluindo-se na análise a não-linearidade física e a não-linearidade geométrica, com a aplicação das teorias referentes à relação momento-curvatura e aos processos para a obtenção dos efeitos de segunda ordem, tais como analogia de Mohr e método das diferenças finitas. O seu desenvolvimento está dividido nas seguintes etapas:

- pesquisa bibliográfica e digital: revisão da literatura referente ao tema, nos âmbitos nacional e internacional, incluindo normas, artigos, livros, dissertações, teses, CDs de congressos e outros meios de divulgação com credibilidade reconhecida;
- programação e aferição dos resultados dos programas: escrita e implementação dos algoritmos necessários com respectiva verificação do desempenho do programa e dos resultados gerados, dentro da precisão adequada à análise proposta;
- confecção de tabelas e diagramas: construção das tabelas e posterior desenho dos diagramas de interação, com o auxílio dos programas desenvolvidos na etapa anterior;
- análise dos resultados obtidos: desenvolvimento de exemplos numéricos e estudo da viabilidade de uso dos diagramas, realizando-se análise comparativa dos resultados obtidos pelos mesmos e por métodos simplificados.

1.5 Convenções

No decorrer de todas as etapas do trabalho, adota-se a convenção de sinais para força e tensão que considera sinal positivo para a compressão e negativo para a tração, conforme a Figura 1, considerando-se a mais adequada ao concreto armado. Ademais, em todos os casos usuais, os pilares são submetidos a esforços de compressão.

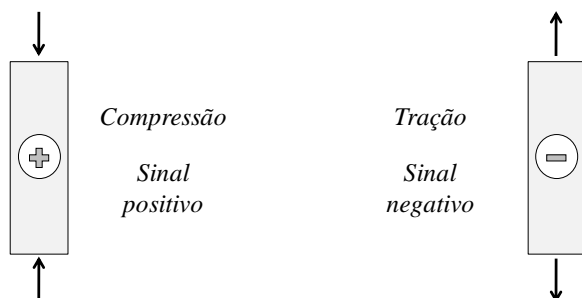


Figura 1: Convenção de sinais para força e tensão.

Para o momento fletor, adota-se a notação com tendência de giro, sendo que a Figura 2 ilustra esta notação para o momento fletor oriundo da excentricidade entre a força normal e o eixo do pilar.

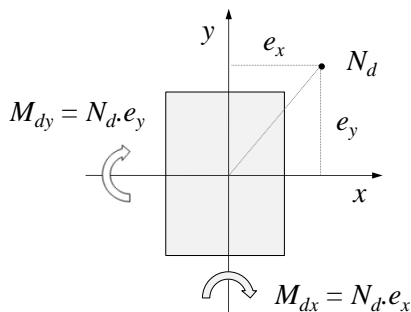


Figura 2: Convenção de momento fletor com tendência de giro.

1.6 Hipóteses fundamentais

Em todo o trabalho, inclusive no desenvolvimento dos algoritmos de programação, admite-se a validade das seguintes hipóteses:

- hipótese das seções planas: admite-se que as seções transversais, inicialmente planas, permanecem planas e normais ao eixo do pilar até a ruptura, desprezando-se as deformações por cisalhamento;
- aderência entre o aço e o concreto: considera-se perfeita a aderência entre o aço da armadura e o concreto adjacente, assumindo-se que a deformação específica de cada barra de aço seja igual à deformação específica do concreto que a envolve, até próximo da ruptura;
- contribuição somente da armadura nos esforços de tração: admite-se nula a resistência do concreto à tração, assumindo-se que todo o esforço de tração seja absorvido pela armadura;
- pequenos deslocamentos: admite-se que os deslocamentos transversais ao eixo do pilar sejam pequenos em relação ao seu comprimento.

Quanto aos domínios de deformação, consideram-se válidos os valores apresentados na Figura 3, propostos pela ABNT NBR 6118: 2007, com as respectivas considerações:

- reta a: tração uniforme;
- domínio 1: tração não uniforme, sem tensões de compressão;
- domínio 2: flexão simples ou composta, sem ruptura à compressão do concreto e com máximo alongamento da armadura;
- domínio 3: flexão simples ou composta, com escoamento do aço tracionado e tensão de ruptura no concreto comprimido;
- domínio 4: flexão simples ou composta, com a tensão de ruptura no concreto comprimido, sem que o aço tracionado entre em escoamento;
- domínio 5: compressão não uniforme, sem tensões de tração;
- reta b: compressão uniforme.

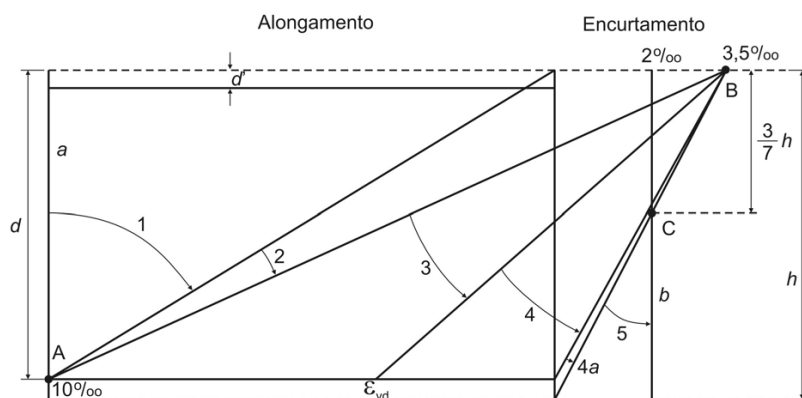


Figura 3: Domínios de deformação.

Fonte: ABNT, 2004.

A distribuição de tensões no concreto é considerada de acordo com o diagrama parábola-retângulo, sendo este proposto pela ABNT NBR 6118: 2007 como se apresenta na Figura 4.

Para o aço, o diagrama tensão-deformação é típico de um material elasto-plástico perfeito, respeitando-se os limites apresentados

nos domínios de deformação, como está representado na Figura 5. O módulo de elasticidade longitudinal do aço é admitido igual a 210 GPa.

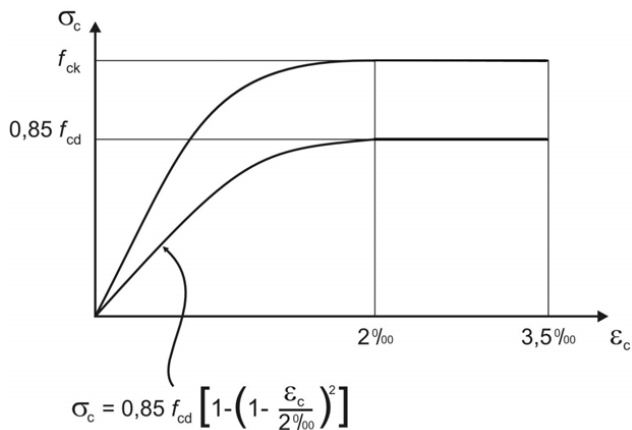


Figura 4: Diagrama tensão-deformação do concreto.

Fonte: ABNT, 2004.

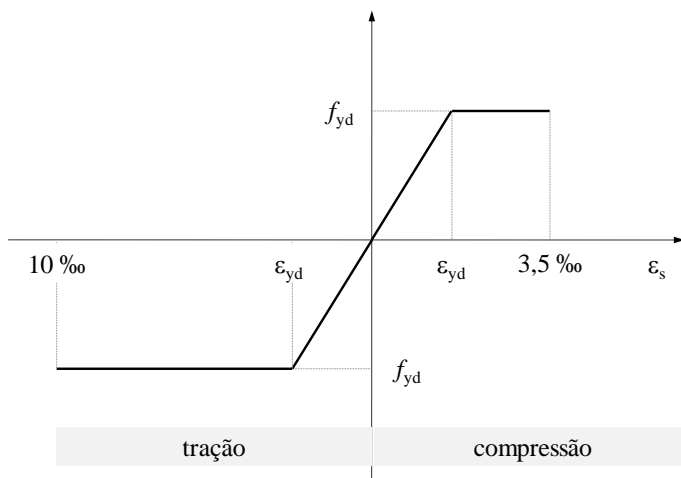


Figura 5: Diagrama tensão-deformação do aço.

1.7 Estrutura do texto

O texto encontra-se estruturado da seguinte forma:

- 1 Introdução: compreende a apresentação do trabalho, incluindo os seus objetivos e a justificativa de sua realização;
- 2 Revisão bibliográfica: apresenta os principais trabalhos referentes ao tema, no âmbito nacional e internacional;
- 3 Fundamentos da estabilidade de estruturas: define os principais conceitos utilizados no estudo do estado limite último de instabilidade;
- 4 Análise da relação momento-curvatura: apresenta as etapas de confecção do diagrama momento-curvatura e uma análise referente ao ajustamento de equações às curvas;
- 5 Determinação de efeitos locais de segunda ordem: discorre sobre os efeitos de segunda ordem e os principais métodos para a sua determinação: o método geral e o método do pilar-padrão;
- 6 Desenvolvimento das planilhas eletrônicas e dos programas computacionais: apresenta as planilhas e os programas desenvolvidos para determinação da relação momento-curvatura e dos efeitos de segunda ordem;
- 7 Desenvolvimento das tabelas e dos diagramas de interação: apresenta os conceitos fundamentais acerca de tabelas e diagramas adimensionais e as fórmulas para a sua aplicação;
- 8 Exemplos de aplicação: demonstra a resolução de exemplos de dimensionamento e de verificação com a utilização das planilhas e dos programas computacionais, das tabelas e dos diagramas de interação;
- 9 Análise dos diagramas: apresenta algumas conclusões obtidas por meio da análise da variação dos principais parâmetros utilizados na confecção dos diagramas.

1.8 Ineditismo e contribuição científica

Ciente dos principais avanços no estudo da instabilidade de pilares, o trabalho propõe o desenvolvimento de diagramas atualizados e que contemplem o nível de esbeltez para obtenção dos resultados via

interpolação. Os diagramas proporcionam uma verificação dos resultados obtidos por programas computacionais utilizados na prática de projeto e possibilitam que profissionais com menor tempo de experiência adquiram uma maior sensibilidade na etapa de pré-dimensionamento. Seu uso pode ser estendido também aos estudantes de graduação que, dentro de suas limitações, podem obter resultados mais precisos que os métodos aproximados com um procedimento bastante simples.

Em segundo plano, realiza-se um estudo acerca do ajustamento de curvas à relação momento-curvatura, proposto pelo orientador do trabalho, Daniel Domingues Loriggio, de caráter inédito na literatura nacional. Tal estudo prevê a possibilidade futura de um equacionamento adequado que venha a simplificar a execução dos diagramas momento-curvatura, demonstrando a possibilidade de ajuste de equações polinomiais a cada caso para que seja facilitada a sua aplicação. Partindo desta idéia básica, são propostos dois critérios de ajuste das curvas, para servirem de base para novos estudos acerca da possibilidade de equacionamento direto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Visando-se diagnosticar a atual situação do conhecimento científico e da normalização acerca da instabilidade de pilares foram analisadas a norma européia (Eurocódigo 2) e a norma brasileira (ABNT NBR 6118: 2007), além de bibliografia diversificada referente ao tema, tais como livros e teses, no âmbito nacional e internacional. Desta forma, pretende-se apresentar claramente o foco do trabalho, demonstrando o que já foi desenvolvido por outros autores e as opções de estudo dentro da área.

2.1 Normalização

Comentam-se, abaixo, as similaridades entre os conceitos básicos e os métodos de cálculo, referentes à estabilidade de estruturas, apresentados nas versões atuais da norma brasileira e da norma européia. Salienta-se ainda que, neste item, não se pretende aprofundar nos métodos de análise, sendo que os mesmos serão aprofundados nos capítulos correspondentes.

2.1.1 Norma brasileira (ABNT NBR 6118: 2007)

No Brasil, a normalização referente às estruturas de concreto armado surgiu na década de 1940, sob o título de NB-1/1940. Desde então, sofreu várias revisões, passando a ser chamada NBR 6118 a partir de 1978. Atualmente, encontra-se em vigor a NBR 6118: 2007, que incorpora a Emenda 1 de 2007 à NBR 6118: 2003 (ABNT, 2011).

No decorrer dos anos, entre as várias revisões, houve alterações referentes a métodos, coeficientes e parâmetros de análise. Kettermann (2002) analisou as similaridades, referentes ao estudo da instabilidade, entre as versões NB-1/1960, NB-1/1978 e o projeto de revisão da norma atual, a qual apresentou mudanças significativas referentes à análise de elementos para a verificação de sua estabilidade, baseando-se na

verificação de estados limites, incluindo um capítulo específico acerca de instabilidade e efeitos de segunda ordem.

Segundo os comentários técnicos, publicados pelo Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON, 2007), a NBR 6118: 1978 tratava apenas dos efeitos locais de segunda ordem, enquanto que a NBR 6118: 2003 passou a apresentar os fenômenos envolvidos e os procedimentos adequados à sua resolução.

Cabe ressaltar que a NBR 6118: 2007 considera como pilar, os elementos lineares de eixo reto, que se encontram normalmente dispostos na vertical, e nos quais a força normal de compressão é a principal solicitação. Ademais, os pilares devem ter índice de esbeltez menor ou igual a 200 ($\lambda \leq 200$) e o maior lado da seção transversal h no máximo igual a cinco vezes o seu menor lado b ($h \leq 5b$).

Segundo a atual versão da norma, existem nas estruturas três tipos de instabilidade: flambagem, ponto limite com reversão e ponto limite sem reversão. Os efeitos de segunda ordem são definidos como aqueles que se somam aos efeitos de primeira ordem, considerando-se a configuração deformada da estrutura. Tais efeitos podem ser desprezados quando não representam acréscimo superior a 10 % nas reações e nas solicitações relevantes. A sua aplicação refere-se às estruturas confeccionadas em concreto normal, do grupo I de resistência, correspondente às classes C10 a C50.

Os diagramas tensão-deformação do concreto e do aço e os domínios de deformação recomendados pela NBR 6118: 2007 são aqueles apresentados nas Figuras 3 a 5.

Em elementos isolados, os efeitos locais de segunda ordem podem ser desprezados quando o índice de esbeltez (λ) for menor que um parâmetro λ_1 , sendo o seu valor calculado de acordo com o item 15.8.2 da norma referenciada (NBR 6118: 2007). Sumariamente, pode-se dizer que o cálculo de λ_1 depende de vários fatores, levando em consideração a excentricidade relativa de primeira ordem, a vinculação dos extremos da coluna isolada e a forma dos diagramas de primeira ordem.

Por sua vez, a determinação dos efeitos locais de segunda ordem pode ser feita por meio do método geral ou por métodos aproximados, conforme apresentado nos itens 15.8.3.2 e 15.8.3.3 da norma. Salienta-se que, nesta parte do texto, não serão detalhados seus critérios, visto que estes métodos serão apresentados em detalhes nos capítulos subsequentes.

2.1.2 Norma europeia (EN 1992: 2004)

A norma europeia, conhecida por Eurocódigo e representada pela sigla EN, é formada por um conjunto de documentos normativos do Comitê Europeu de Normalização (CEN). Na atualidade, é um dos sistemas de padronização mais organizados em todo o mundo. As suas normas possuem abrangência continental, sendo utilizadas em mais de uma dezena de países, com versões oficiais em alemão, francês e inglês. Há também uma versão em português, a Norma Portuguesa, que é simplesmente uma tradução das versões oficiais da norma europeia para a linguagem oficial de Portugal. As principais normas utilizadas para o dimensionamento de estruturas de concreto são as seguintes:

- EN 1990: Eurocódigo: Bases para o projeto de estruturas;
- EN 1991: Eurocódigo 1: Ações em estruturas;
- EN 1992: Eurocódigo 2: Projeto de estruturas de concreto.

A normalização referente à área de estruturas baseia-se no método dos estados limites, com a utilização de coeficientes parciais, devendo-se satisfazer aos critérios de estados limites últimos e de utilização. Em geral, as disposições normativas estão bastante voltadas para a garantia da confiabilidade estrutural e a durabilidade das estruturas.

A EN 1990: 2002 apresenta em seu contexto conceitos muito importantes, utilizados para o dimensionamento e a verificação de estruturas, sob uma abordagem generalizada. Contudo, neste item, será dada ênfase à norma relacionada especificamente ao concreto, identificada pelo código EN 1992: 2004 (Eurocódigo 2).

Iniciando-se pelas definições, verifica-se que, conforme o item 5.3.1 da EN 1992: 2004, para ser considerado pilar, o maior lado h da seção transversal do elemento não deve exceder em quatro vezes o seu menor lado b ($h \leq 4b$), e o seu comprimento l deve ser pelo menos igual a três vezes o maior lado da seção transversal ($l \geq 3h$), caso contrário, deve-se considerá-lo como uma parede estrutural (pilar-parede).

A resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}), apresentada no quadro 3.1 da norma referida, pode variar entre 12 e 90 MPa, sendo que os limites de deformação do concreto variam conforme o seu valor. No entanto, para concretos até 50 MPa, a deformação ao ser atingida a resistência máxima (ε_{c2}) é de 2,0 ‰ e a deformação última (ε_{cu2}) é de 3,5 ‰, apresentando, até este limite, o mesmo

comportamento admitido pela norma brasileira. O quadro 3.1 da norma europeia está representado na Figura 6.

Strength classes for concrete														Analytical relation / Explanation	
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck, cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ (MPa)}$
f_{dm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	$f_{dm} = 0,30 \cdot f_{cm}^{0,93} < C50/60$ $f_{dm} = 2,12 \ln(1 + (f_{cm}/10)) > C50/60$
$f_{ak, 0,05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ak, 0,05} = 0,7 \cdot f_{dm}$ 5% fractile
$f_{ak, 0,95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6	$f_{ak, 0,95} = 1,3 \cdot f_{dm}$ 95% fractile
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22[(f_{cm}/10)^{0,3}]$ (f_{cm} in MPa)
ε_{ct} (‰)	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	see Figure 3.2 $\varepsilon_{ct} (‰) = 0,7 \cdot f_{dm}^{0,31} < 2,8$
ε_{art} (‰)					3,5					3,2	3,0	2,8	2,8	2,8	see Figure 3.2 for $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\varepsilon_{art} (‰) = 2,8 + 27(98 - f_{cm})/100^2$
ε_{sd} (‰)					2,0					2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	see Figure 3.3 for $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\varepsilon_{sd} (‰) = 2,0 + 0,085(f_{cm} - 50)^{0,83}$
ε_{ad} (‰)					3,5					3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	see Figure 3.3 for $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\varepsilon_{ad} (‰) = 2,6 + 35(90 - f_{ck})/100^2$
n					2,0					1,75	1,6	1,45	1,4	1,4	for $f_{ck} \geq 50$ Mpa $n = 1,4 + 23,4(90 - f_{ck})/100^2$
ε_{cs} (‰)					1,75					1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	see Figure 3.4 for $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\varepsilon_{cs} (‰) = 1,75 + 0,55(f_{cm} - 50)/40$
ε_{sd} (‰)					3,5					3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	see Figure 3.4 for $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\varepsilon_{sd} (‰) = 2,6 + 35(90 - f_{ck})/100^2$

Figura 6: Características de resistência e de deformação do concreto.
Fonte: EN 1992: 2004 (E).

O diagrama tensão-deformação do concreto também é semelhante ao diagrama da norma brasileira, excetuando-se a variação dos valores de acordo com a resistência do concreto, conforme a Figura 7.

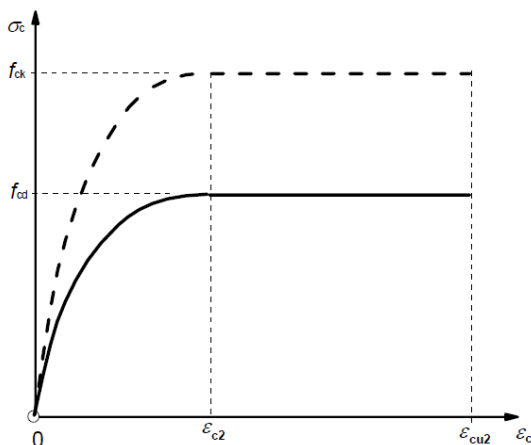


Figura 7: Diagrama tensão-deformação para o concreto comprimido.

Fonte: EN 1992: 2004 (E).

Permite-se, ainda, o uso de outras idealizações para a relação simplificada de tensões-deformações, na condição de serem equivalentes ou mais conservativas, tal como o diagrama bi-linear ou a distribuição retangular de tensões.

O domínio admissível de distribuições de deformações está representado na Figura 8, onde o ponto A corresponde ao limite de deformação do aço, o ponto B corresponde ao limite de deformação de compressão do concreto e o ponto C diz respeito ao limite para a deformação de compressão simples do concreto. Tais valores podem ser encontrados no Quadro 3.1 do Eurocódigo 2 (Figura 6).

Quanto aos efeitos de segunda ordem, pode-se ignorá-los quando forem menores que 10 % dos respectivos efeitos de primeira ordem. Para elementos isolados, existem critérios simplificados para definir se os efeitos de segunda ordem são importantes, tal como a esbelteza limite (λ_{lim}). Neste caso, os efeitos de segunda ordem podem ser desprezados quando o índice de esbelteza do elemento é inferior ao limite estabelecido no item 5.8.3.1 da EN 1992: 2004.

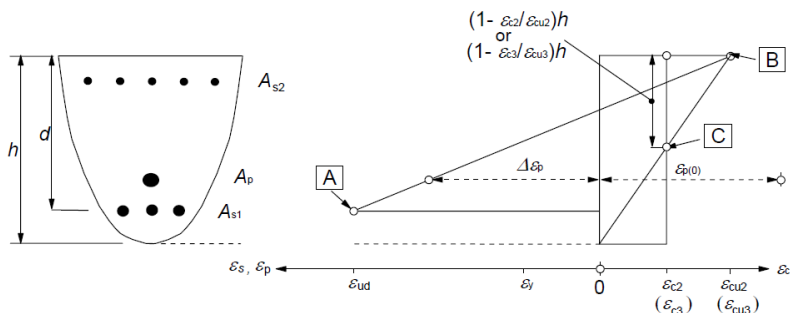


Figura 8: Distribuições de deformações admissíveis no Estado Limite Último.
Fonte: EN 1992: 2004 (E).

Em relação aos métodos de análise, são propostos o método geral ou dois métodos simplificados, baseados numa rigidez nominal e numa curvatura nominal, descritos nos itens 5.8.5 a 5.8.8 da EN 1992: 2004. Desta forma, são percebidas algumas semelhanças entre a análise proposta pelo código europeu e pela norma brasileira, sendo que o método mais sofisticado de análise é o método geral, que se baseia numa análise não-linear que inclui os efeitos de segunda ordem.

2.2 Trabalhos acadêmicos

Neste item, são apresentados trabalhos acadêmicos em nível de mestrado e doutorado, relacionados ao tema da dissertação, demonstrando o estágio de desenvolvimento das pesquisas no cenário atual.

2.2.1 Trabalhos do Grupo de Análise e Projeto de Estruturas da UFSC

Dentre os vários trabalhos desenvolvidos no Grupo de Análise e Projeto de Estruturas da Universidade Federal de Santa Catarina (GAP-UFSC), podem ser citadas duas dissertações de mestrado relacionadas

ao tema deste trabalho. São as dissertações de Adriana Carla Kettermann e Alberto Smaniotto.

O trabalho de Kettermann (2002) foi baseado na análise da instabilidade de pilares, tendo como enfoque principal as mudanças normativas que estavam ocorrendo à época de sua elaboração. No entanto, a versão definitiva da norma foi lançada somente em 2003, após a conclusão de seu mestrado. Em seu trabalho, foram analisadas as diferenças ocorridas na construção do diagrama momento-curvatura e elaboradas algumas tabelas de interação, dentro de um intervalo de valores muito limitado, comprometendo a possibilidade de aplicação prática.

Portanto, as tabelas que Kettermann (2002) desenvolveu serviram somente para a análise comparativa entre as duas versões da norma, enquanto que as tabelas a serem desenvolvidas neste trabalho envolvem várias disposições de armadura, possuem uma amplitude maior de valores e visam à aplicação prática.

Por sua vez, Smaniotto (2005) enfatizou que o uso dos programas computacionais possibilita a construção de modelos mais semelhantes às estruturas reais, reduz o risco de erros decorrentes do cálculo manual e reduz também o tempo de cálculo. Salientou ainda que, com as ferramentas computacionais desenvolvidas nos últimos anos, tornou-se possível a modelagem de edifícios inteiros como pórticos espaciais, sujeitos às mais diversas condições de carregamento. Com estes modelos, os momentos fletores atuantes em ambas as direções de um pilar normalmente são diferentes de zero, sendo distintos somente pela ordem de grandeza. Em outras palavras, enquadra-se o pilar sempre no caso de flexão composta oblíqua.

Contudo, nem sempre é conveniente utilizar o processo de dimensionamento por flexão composta oblíqua devido à sua complexidade, visto que a consideração da flexão composta normal é mais simples e fornece bons resultados para os casos aos quais é indicada na literatura técnica.

2.2.2 Trabalhos nacionais

No Brasil, os trabalhos sobre estabilidade local de barras de concreto armado são publicados desde meados de 1970. Desde então, o campo de conhecimento avançou bastante, com a publicação de livros e pesquisas em nível de mestrado e doutorado. Nos últimos anos, o foco

da análise da instabilidade de pilares tem sido propor métodos mais precisos e menos complexos.

Analisando-se a literatura, verifica-se que a principal evolução ocorrida em seu estudo foi o maior emprego de ferramentas computacionais à medida que a capacidade de processamento evoluiu e as máquinas tornaram-se mais acessíveis aos profissionais. Com a evolução dos computadores pessoais, os métodos mais precisos, normalmente iterativos, tornaram-se viáveis, para resolução em tempo hábil, e passaram a ganhar maior espaço entre as possibilidades de análise estrutural. Desta forma, o foco de muitos trabalhos acerca da instabilidade de estruturas tem sido a otimização do processo de cálculo por meio da implementação de rotinas de programação que visam tornar mais eficientes algumas práticas de projeto.

Ademais, segundo Borges (1999), nos projetos mais antigos, o fenômeno da instabilidade não apresentava grande importância prática devido à robustez dos elementos estruturais, em razão da pequena resistência do concreto, além da utilização de aços menos resistentes. Sendo assim, até cerca de 1960, a instabilidade dos pilares era verificada com grande simplicidade, multiplicando-se a carga de trabalho por um coeficiente de majoração, além do coeficiente de segurança.

Contudo, ainda na década de 1970, Aufiero (1977) desenvolveu, em sua dissertação de mestrado, um estudo acerca da estabilidade de pilares isostáticos, dando ênfase ao método do pilar-padrão, dentro das prescrições normativas da antiga NB-1 e das limitações de programação da época. Não desenvolveu tabelas de interação, mas apresentou, em seus anexos, as tabelas do Boletim 103 do CEB-1972, sendo estas bastante limitadas e com poucos valores para interpolação.

A partir de 1980, surgiram várias publicações, inclusive alguns livros, que vieram a abordar o fenômeno da instabilidade, tais como os trabalhos de Fusco (1981) e de Santos (1983). O trabalho de Fusco (1981), intitulado “Solicitações normais”, encontra-se atualmente defasado, mas ainda é referência para os acadêmicos e pesquisadores da área. Por outro lado, a obra de Santos (1983) é menos difundida, apresentando a importância das grandezas adimensionais para o cálculo de pilares e as vantagens da elaboração de tabelas e diagramas de interação, como a abrangência e a independência de unidades adotadas pelo calculista.

Entre outros trabalhos da área, Campos Filho (1982) analisou pilares de concreto armado submetidos à flexão composta oblíqua aplicando o método dos elementos finitos, com um modelo em

deslocamentos, apresentando outra possibilidade de análise dos elementos sujeitos ao fenômeno da instabilidade.

Araújo (1984) estudou o dimensionamento de pilares, conforme a NB-1/78, e desenvolveu tabelas para pilares com seção transversal retangular e armadura simétrica, ficando restrito à flexão composta normal e à verificação da capacidade portante da seção transversal. Alguns anos mais tarde, Araújo (2003) também publicou em seu livro “Curso de concreto armado” diversas tabelas para pilares com seção retangular, em conformidade com a ABNT NBR 6118: 2003.

No entanto, nenhuma destas referências e demais trabalhos disponíveis na literatura atual, apresenta tabelas ou diagramas para verificação direta, ou seja, não incluem a verificação dos efeitos de segunda ordem da forma como está sendo proposta neste trabalho. Ressalta-se ainda que a maioria das referências também se encontra desatualizada em relação à ABNT NBR 6118: 2007.

2.2.3 Panorama internacional

Rüsch (1981) abordou os tipos de equilíbrio por uma analogia com esferas em diversas situações, de forma simples e intuitiva, bastante clara e objetiva. A partir desta analogia, podem ser desenvolvidas todas as premissas do assunto por meio de gráficos que relacionam as curvas de momentos interno e externo, de forma a se obter a capacidade de carga dos elementos comprimidos, demonstrando que a partir de um determinado ponto não se pode mais desprezar as deformações sofridas pelo eixo da barra e deve-se empregar a teoria de segunda ordem. Por meio de sua análise, concluiu que, normalmente, nos elementos pouco esbeltos a capacidade de carga é limitada pela resistência da seção transversal enquanto que nos elementos muito esbeltos a capacidade de carga é limitada pelo problema da instabilidade.

Quanto aos diagramas que relacionam a esbeltez com a resistência da seção, alguns ábacos já haviam sido publicados pelo Boletim 103 do CEB-1972 apud Aufiero (1977). No entanto, estes ábacos continham poucos pontos, devido às dificuldades para serem gerados, tornando-se complexa a sua atualização simultânea com as normas e tornando inviável a sua utilização em muitos casos.

Montoya, Meséguier e Cabré (1987) desenvolveram inúmeros ábacos para dimensionamento de seções transversais retangulares e circulares, tanto cheias quanto vazadas, e tanto com dimensões quanto

adimensionais. Entretanto, em seus diagramas de interação, considerava-se somente a resistência da seção transversal.

2.3 Considerações acerca da revisão bibliográfica

Neste capítulo, foram apresentados somente os trabalhos que estão diretamente relacionados ao tema da pesquisa. Existem outros pesquisadores com linhas de pesquisa na área de instabilidade, mas cujo foco das pesquisas é bastante diferenciado em relação ao foco desta dissertação. Este trabalho está direcionado especificamente à análise estrutural dos pilares em concreto armado, com a consideração da não-linearidade física e da não-linearidade geométrica de forma rigorosa, sem discutir critérios normativos relacionados ao projeto de pilares, tais como limitação das dimensões e valores mínimos ou máximos, nem tampouco outras considerações que dependam de ensaios físicos, visto que o trabalho se baseia em análise numérica e computacional.

3 FUNDAMENTOS DA ESTABILIDADE DE ESTRUTURAS

O estudo da estabilidade de estruturas teve início por volta do século XVIII, quando Leonard Euler (1707-1783) analisou barras de material elástico-linear, submetidas à carga axial de compressão, concluindo que para cargas abaixo de certo limite o equilíbrio era estável e para cargas superiores o equilíbrio tornava-se instável (ARAÚJO, 1984).

Todavia, a maioria dos materiais estruturais apresenta um comportamento mais complexo que as barras analisadas por Euler e o estudo da instabilidade de barras compostas por estes materiais envolve a consideração da não-linearidade física e da não-linearidade geométrica, cujas definições são muito importantes no estudo da instabilidade.

A não-linearidade física (NLF) é uma propriedade intrínseca do comportamento de alguns materiais. Diz respeito à relação não-linear entre tensão e deformação, como no caso do concreto, apresentado na Figura 4. O aço também apresenta esta propriedade, conforme a Figura 5. Portanto, é uma característica relevante das seções de concreto armado.

A não-linearidade geométrica (NLG) refere-se à mudança de configuração do pilar, deformando-se sob a ação de um carregamento qualquer. Esta mudança gera uma não-proporcionalidade entre causa e efeito. Segundo Borges (1999), a não-linearidade geométrica resulta da influência dos deslocamentos no momento total, sendo tal influência conhecida como efeito de segunda ordem.

Em projeto, considera-se a questão da estabilidade de pilares por meio da verificação do estado limite último de instabilidade, que envolve a consideração tanto da não-linearidade física quanto da não-linearidade geométrica. A não-linearidade física da seção transversal pode ser considerada por meio da relação momento-curvatura e a não-linearidade geométrica pode ser incluída na análise por meio da utilização de métodos como analogia de Mohr, método dos elementos finitos, método das diferenças finitas ou métodos aproximados, como será apresentado nos próximos itens da dissertação.

3.1 Tipos de equilíbrio

Para compreensão dos tipos de equilíbrio será analisado o comportamento de esferas em diferentes posições. Esta abordagem é apresentada por Rusch (1981), conforme a Figura 9.

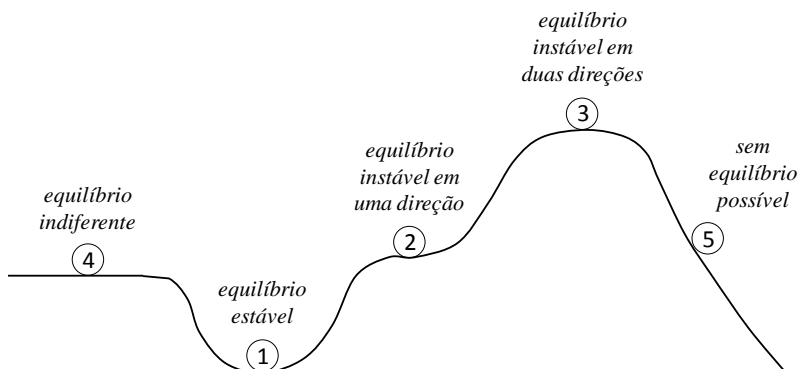


Figura 9: Posições de equilíbrio possíveis.

Fonte: RUSCH, 1981 (modificado).

Na posição (1), a esfera encontra-se em equilíbrio. Quando submetida a uma pequena perturbação, ela tende a voltar para a posição inicial. Denomina-se esta situação de equilíbrio estável.

As posições (2) e (3) apresentam certa semelhança, visto que em ambos os casos, quando a esfera é submetida a um pequeno impulso, ela sai da posição de equilíbrio e não retorna à mesma sem a realização de trabalho externo. No entanto, na posição (2), ela rola para um lado preferencial, denominando-se este equilíbrio de instável em uma direção, enquanto que na posição (3), a esfera pode rolar para qualquer um dos lados, sendo denominado este equilíbrio de instável em duas direções.

Quando colocada na posição (4), o equilíbrio é dito indiferente, pois a esfera rola para qualquer um dos lados para o qual for impulsionada e para, sem retornar à posição inicial.

Na posição (5), a esfera encontra-se numa situação em que não há equilíbrio possível.

Desta análise, pode-se concluir que para identificar o tipo de equilíbrio de um sistema é necessário aplicar uma pequena perturbação e verificar o que acontece após cessar o seu efeito.

Aplicando-se os mesmos conceitos a uma barra retilínea submetida a um esforço de compressão normal à sua seção transversal, pode-se definir o equilíbrio estável como aquele no qual após uma pequena perturbação, a barra retorna ao estado inicial de equilíbrio. Ao contrário, no equilíbrio instável, a barra se afasta progressivamente da posição de equilíbrio.

3.2 Conceitos de momento interno e momento externo

Pode-se realizar a análise do equilíbrio de barras por meio da construção de diagramas que relacionam o momento interno e o momento externo em seções críticas, determinando-se pontos de equilíbrio estável e de equilíbrio instável, conforme o exemplo da Figura 10.

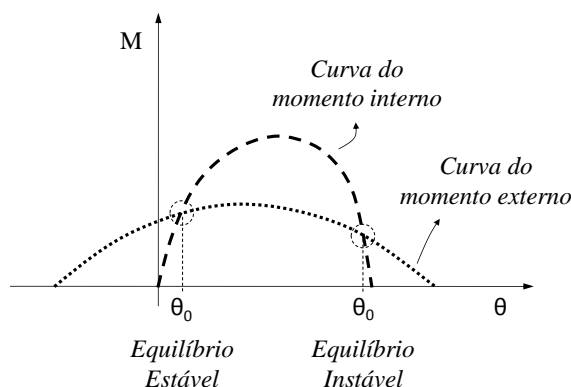


Figura 10: Determinação dos pontos de equilíbrio estável e de equilíbrio instável no diagrama que relaciona momento interno e momento externo.

Fonte: LORIGGIO, 2009 (modificado).

Segundo Loriggio (2009) estes diagramas correspondem a situações idealizadas por meio de modelos teóricos que buscam representar o elemento estrutural por um modelo de compreensão mais simples que o modelo real, mas que apresenta o mesmo resultado conceitual. Logo, nem sempre os modelos físicos reais apresentam comportamento similar às curvas que são obtidas para estes modelos simplificados. Um modelo bastante útil é o modelo de barra com engaste-elástico, como está representado nas Figuras 11 e 12.

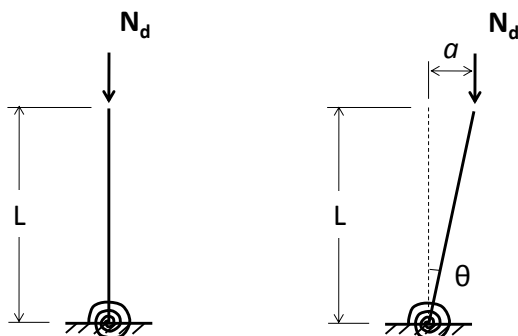


Figura 11: Modelo de barra com mola para representar um pilar submetido à compressão centrada.

Fonte: LORIGGIO, 2009 (modificado).

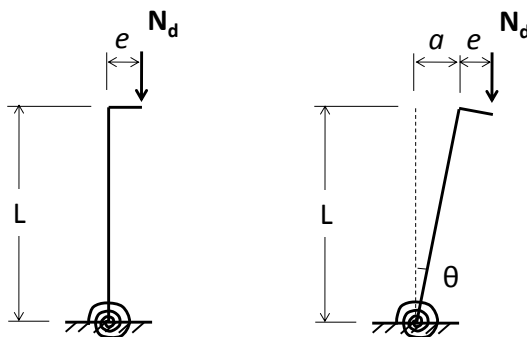


Figura 12: Modelo de barra com mola para representar um pilar submetido à flexão composta.

Fonte: LORIGGIO, 2009 (modificado).

Contudo, os conceitos de momento interno e momento externo são importantes para a análise do tipo de equilíbrio, visto que esta análise pode ser estendida a inúmeros casos, desde que sejam construídas as curvas referentes ao momento interno e ao momento externo para cada caso.

O momento interno (M_{int}) refere-se ao momento resistente da seção transversal, determinado por sua rigidez e sua curvatura. No caso de materiais com comportamento elástico-linear, para cada configuração da elástica, corresponde uma distribuição de momentos fletores, de acordo com a expressão:

$$M_{int} = \frac{1}{r} EI . \quad 3.1$$

No entanto, para materiais de comportamento não-linear, como é o caso do concreto armado, não há proporcionalidade entre tensão e deformação, devendo-se obter o seu valor pela relação momento-curvatura. Logo, o diagrama de momentos internos do concreto armado é uma curva.

Pelo modelo teórico proposto, seriam traçadas as curvas referentes ao momento interno. Seria determinada uma reta para o caso em que o material fosse elástico-linear, calculando-se os seus pontos por meio de uma relação do tipo (ZAGOTTIS, 1980):

$$M_{int} = k\theta , \quad 3.2$$

onde k é a constante de mola, que depende do material considerado, e θ é a curvatura adimensional, que será definida no capítulo seguinte. Por outro lado, se o material apresentasse comportamento não-linear, seria determinada uma curva, por meio de uma equação que também relacionasse a curvatura adimensional θ e a constante de mola do material k , como na expressão:

$$M_{int} = k\theta(1 - \theta^2) . \quad 3.3$$

Por sua vez, o momento externo (M_{ext}) diz respeito ao momento atuante na seção, correspondente ao produto da força normal (N_d) pela sua excentricidade, seja ela proveniente de efeitos de primeira ou de segunda ordem, como pode ser observado na equação:

$$M_{ext} = N_d(e + a) , \quad 3.4$$

onde:

e : excentricidade de primeira ordem;

a : excentricidade de segunda ordem.

Neste caso, o momento externo é determinado, pelo modelo proposto, para a barra submetida à compressão centrada por:

$$M_{ext} = N_d a = N_d L \sin \theta , \quad 3.5$$

e para a barra submetida à flexão composta por:

$$M_{ext} = N_d (e + a) = N_d e \cos \theta + N_d L \sin \theta . \quad 3.6$$

3.3 Estados limites últimos em elementos de concreto armado

Bueno (2009) cita que as estruturas podem falhar de diversas formas, dependendo do tipo da estrutura, das condições de apoio, dos carregamentos e do material utilizado, sendo que o estado limite último, relacionado ao colapso ou qualquer forma de ruína estrutural, em estruturas de concreto armado, pode ser atingido de dois modos: esgotamento da capacidade resistente ou instabilidade do equilíbrio.

O esgotamento da capacidade resistente é típico de estruturas pouco esbeltas, enquanto que a instabilidade do equilíbrio é mais comum em elementos de maior esbeltez.

A instabilidade do equilíbrio pode ser atingida, em pilares esbeltos, sem que haja o esgotamento da capacidade portante da seção transversal. Isto ocorre quando os esforços solicitantes crescem mais rapidamente que os esforços resistentes da seção, devido aos efeitos de segunda ordem, atingindo o estado limite último de instabilidade.

Após atingir o estado limite último de instabilidade, os deslocamentos transversais continuam aumentando e os momentos fletores de segunda ordem também crescem, ocorrendo a ruptura da seção, mas o estado limite último foi atingido por instabilidade e não por ruptura. Os pilares estão sujeitos, basicamente, a dois problemas de instabilidade: bifurcação do equilíbrio (flambagem) e ponto limite sem reversão, os quais serão apresentados, conforme a sua ocorrência, no próximo item, referente aos tipos de comportamento estrutural.

3.4 Tipos de comportamento estrutural de pilares

Neste item, será visto o comportamento estrutural de pilares de material elástico-linear e de material não-linear, quando submetidos à compressão centrada ou à flexão composta.

3.4.1 Compressão centrada em pilares de material elástico-linear

Seja uma barra reta, constituída de material caracterizado como elástico-linear e sem imperfeições geométricas, submetida a uma carga axial P variável, como representado na Figura 13. Verifica-se que aumentando a intensidade da carga, a barra permanece reta e em equilíbrio estável, até que o seu valor atinja a carga crítica, representada por P_{crit} , também denominada carga de flambagem.

A carga crítica P_{crit} define o ponto de bifurcação do equilíbrio. A partir desta carga, a barra pode se apresentar sob duas formas distintas: reta e instável ou deformada e estável, conforme representado na Figura 14. Define-se tal problema de instabilidade como ponto de bifurcação do equilíbrio ou flambagem, caracterizando um estado limite último para materiais estruturais, tal como o aço e o concreto. Salienta-se também que, embora a flambagem nunca ocorra na prática, pela existência de imperfeições geométricas e pela impossibilidade de se garantir que a carga seja perfeitamente centrada, o seu estudo se apresenta sob uma abordagem simples que auxilia na compreensão do fenômeno da instabilidade e apresenta resultados satisfatórios para alguns materiais estruturais, tal como o aço.

Enquanto o valor da carga é inferior à carga crítica ($P < P_{crit}$) há proporcionalidade entre a carga e a tensão máxima. No entanto, após a carga crítica, a tensão máxima passa a crescer a uma taxa superior à taxa de crescimento do carregamento (CARMO, 1995).

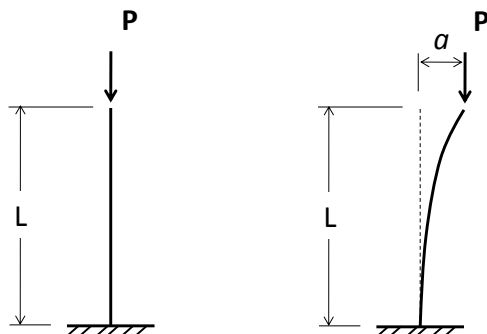


Figura 13: Barra reta submetida a uma carga axial.

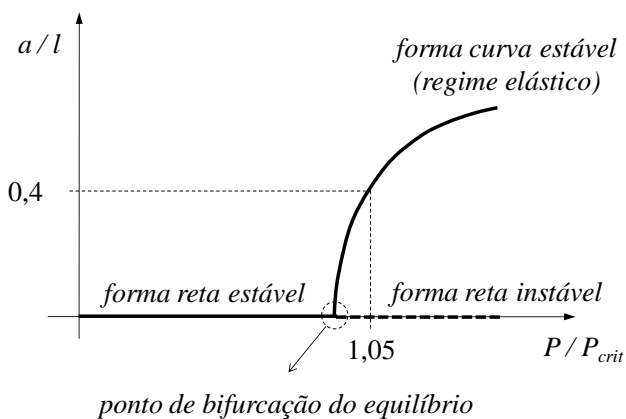


Figura 14: Instabilidade de barras retas de material elástico-linear submetidas à compressão centrada.

Fonte: FUSCO, 1981 (modificado).

3.4.2 Flexão composta em pilares de material elástico-linear

Seja uma barra reta, constituída de material elástico-linear, submetida a um esforço normal P aplicado com uma excentricidade e em relação ao eixo longitudinal do elemento, conforme a Figura 15. Verifica-se que para valores crescentes da carga P , a barra assume desde o início uma posição fletida de equilíbrio estável.

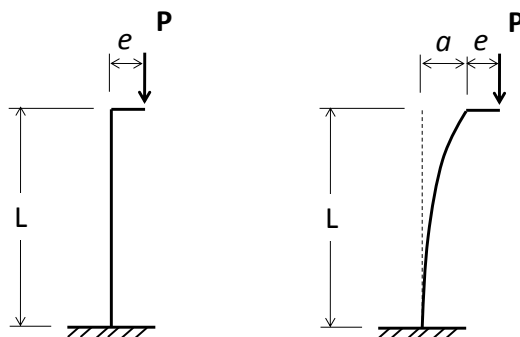


Figura 15: Barra reta submetida a uma carga excêntrica.

Na flexão composta não há bifurcação do equilíbrio, sendo que enquanto o material constituinte da barra permanecer no regime elástico haverá sempre uma configuração fletida estável e a ruína será atingida por falha do material. Para este caso, o diagrama que relaciona carga e deslocamento tem a forma apresentada na Figura 16, sendo que o descolamento da curva em relação à reta horizontal depende da excentricidade da carga (e).

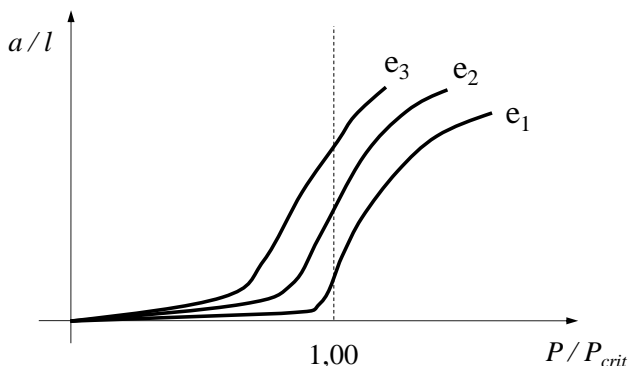


Figura 16: Instabilidade de barras retas de material elástico-linear submetidas à flexão composta.

Fonte: LORIGGIO, 2009 (modificado).

3.4.3 Compressão centrada em pilares de material não-linear

Para uma barra de material não-linear, submetida à compressão centrada, haverá bifurcação do equilíbrio. Contudo, verifica-se que a forma fletida refere-se a valores tais que $P < P_{crit}$. Portanto, neste caso, temos duas formas de equilíbrio possíveis para $P < P_{crit}$, uma reta estável e uma fletida instável, e somente uma forma de equilíbrio possível para $P > P_{crit}$, uma reta instável. Estas formas de equilíbrio estão representadas na Figura 17.

3.4.4 Flexão composta em pilares de material não-linear

Quando o elemento submetido à flexão composta é formado por material de comportamento não-linear verifica-se o fenômeno da instabilidade por aparecimento de ponto limite, conforme a Figura 18.

Neste caso, a curva depende do valor da excentricidade da carga (e) e o equilíbrio será impossível para cargas superiores à carga limite, que neste caso não corresponde ao valor denominado de carga crítica de Euler, levando a barra à ruína.

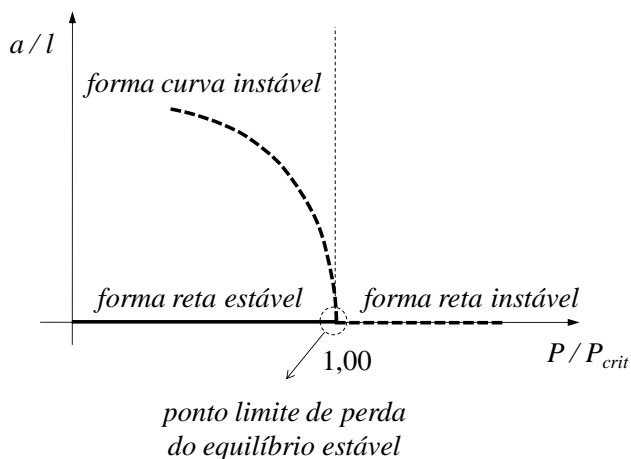


Figura 17: Instabilidade de barras retas de material não-linear submetidas à compressão centrada.

Fonte: LORIGGIO, 2009 (modificado).

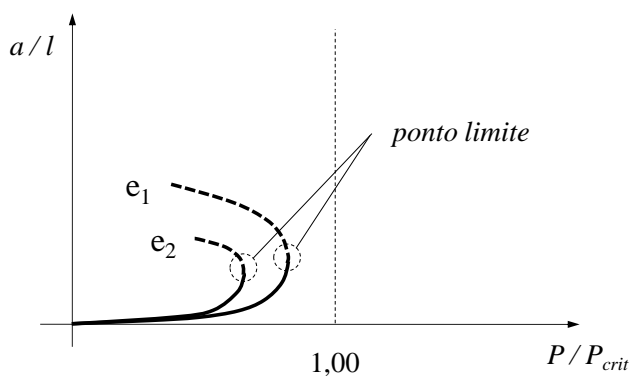


Figura 18: Instabilidade de barras retas de material não-linear submetidas à flexão composta.

Fonte: LORIGGIO, 2009 (modificado).

4 ANÁLISE DA RELAÇÃO MOMENTO-CURVATURA

A relação momento-curvatura é determinada para certo nível de esforço normal. Por meio desta relação, pode-se considerar o comportamento não-linear das seções transversais de concreto armado, sendo que, desta forma, se inclui a não-linearidade física do aço e do concreto, proporcionando uma análise do comportamento conjunto destes materiais. Na prática, pode-se obter o momento último admissível e a curvatura máxima correspondente, referentes ao ponto de ruptura da seção transversal, podendo ser aplicada à análise de vigas e pilares.

Para a sua obtenção, é necessária a análise da seção transversal do elemento, no que diz respeito aos materiais e à sua geometria. Importa-se considerar tanto a resistência quanto a capacidade de deformação do aço e do concreto, como também as dimensões da seção transversal bruta e a disposição das barras de aço. Por este motivo, deve-se possuir de antemão as dimensões da seção transversal com a respectiva armadura, seja obtida por métodos aproximados, tabelas de pré-dimensionamento ou de forma arbitrária.

A relação momento-curvatura pode ser apresentada sob a forma de tabela ou diagrama, de acordo com os objetivos da análise. A confecção da tabela é indispensável para a organização dos dados e a posterior confecção do diagrama. Por sua vez, o diagrama é importante para a visualização da curva que relaciona a curvatura com o momento correspondente, além de outros fatores, como por exemplo, a existência ou a ausência de um trecho aproximadamente linear.

4.1 Definição de curvatura

Inicialmente, será apresentada a definição de curvatura, para que não haja dúvidas acerca desta variável primordial na construção da relação momento-curvatura.

Seja considerado o elemento estrutural de eixo reto da Figura 19, submetido a um carregamento que produz compressão nas fibras superiores e tração nas fibras inferiores de sua seção transversal, observa-se que sob a ação deste carregamento, os pontos pertencentes ao eixo do elemento se deslocam e fazem com que o eixo assuma a forma

curva, caracterizando a linha elástica do elemento, sendo que o símbolo r , apresentado na Figura 19, representa o raio de curvatura da linha elástica. Pode-se isolar um segmento genérico, indicado na Figura 20, considerando-se as hipóteses de que as seções planas permaneçam planas, de que o material obedeça à lei de Hooke e desprezando-se os deslocamentos axiais.

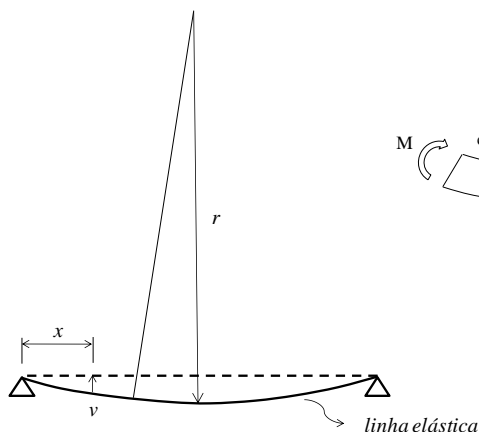


Figura 19: Linha elástica.

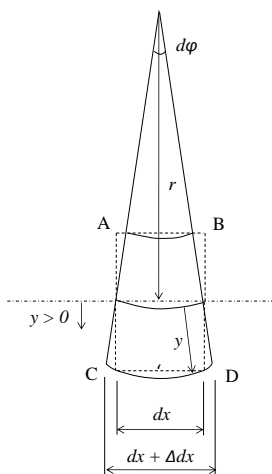


Figura 20: Raio de curvatura proveniente da flexão.

Da Resistência dos Materiais, obtemos as expressões que relacionam a deformação específica:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L} \Rightarrow \varepsilon = \frac{\Delta dx}{dx}, \text{ e} \quad 4.1$$

$$\sigma = E\varepsilon \Rightarrow \varepsilon = \frac{\sigma}{E}; \quad 4.2$$

onde:

ε : deformação;
 δ : alongamento total;
 L : comprimento total;
 σ : tensão normal; e
 E : módulo de elasticidade longitudinal.

A tensão normal devida à flexão é dada pela expressão:

$$\sigma = \frac{M}{I}y, \quad 4.3$$

onde:

M : momento fletor;
 I : momento de inércia;
 y : distância da fibra ao eixo neutro.

Da comparação entre estas relações, resulta:

$$\varepsilon = \frac{\Delta dx}{dx} = \frac{\sigma}{E} = \frac{\frac{M}{I}y}{E} \Rightarrow \frac{\Delta dx}{y} = \frac{M dx}{EI}. \quad 4.4$$

Partindo do elemento da Figura 20, pode-se escrever:

$$d\varphi = \frac{dx}{r} = \frac{\Delta dx}{y}, \quad 4.5$$

donde:

$$\frac{dx}{r} = \frac{\Delta dx}{y} = \frac{M dx}{EI}. \quad 4.6$$

Esta relação fornece a curvatura do elemento genérico:

$$\frac{1}{r} = \frac{M}{EI} . \quad 4.7$$

Em outras palavras, a curvatura pode ser compreendida como o valor inverso do raio de curvatura apresentado na Figura 19.

Salienta-se ainda que ao considerar pequenos deslocamentos e pequenas rotações pode-se adotar a expressão aproximada, ou expressão simplificada, da equação diferencial da linha elástica, comumente utilizada na engenharia, escrita na forma:

$$\frac{1}{r} = \frac{d^2v}{dx^2} = \frac{M}{EI} . \quad 4.8$$

No entanto, para a determinação da relação momento-curvatura, que será vista no próximo item, utiliza-se a curvatura sob a forma adimensional (θ), pois esta forma facilita a leitura dos dados na tabela e no gráfico, visto que seu valor geralmente varia entre 0 e 15. A equação para obtenção da curvatura adimensional relaciona a curvatura ($1/r$) e a altura da seção transversal na direção considerada (h), conforme a expressão:

$$\theta = 1000h \cdot \frac{1}{r} . \quad 4.9$$

4.2 Determinação da relação momento-curvatura

A determinação da relação momento-curvatura envolve um processo iterativo, por tentativas ou aproximações sucessivas. Logo, o seu cálculo manual é demasiadamente trabalhoso e demanda tempo e dedicação, devido ao grande número de operações necessárias. Todavia, pode-se otimizar o seu cálculo por meio de linguagens de programação ou planilhas eletrônicas.

Tanto as linguagens de programação quanto as planilhas eletrônicas podem ser eficazes na implementação de rotinas para a obtenção da relação momento-curvatura. As planilhas eletrônicas e os programas computacionais desenvolvidos neste trabalho podem ser visualizados no Capítulo 6.

As etapas do processo de construção da tabela de momento curvatura variam dependendo da bibliografia consultada, mas as idéias que fundamentam o processo são basicamente as mesmas. Neste trabalho, utiliza-se o procedimento apresentado na Figura 23.

Pode-se apresentar o processo adotado, para uma seção transversal retangular com armadura simetricamente disposta em faces opostas, conforme a Figura 21, da seguinte forma:

- inicia-se adotando para a curvatura adimensional $\theta = 0$;
- arbitra-se a profundidade da linha neutra, representada por x , inicialmente $x = 0$, e nas etapas seguintes $x = x + \Delta x$;
- calculam-se as deformações no concreto (ε_c), no aço da armadura inferior (ε_{si}), no aço da armadura superior (ε_{ss}) e na seção transversal ($\varepsilon_{3h/7}$) pelas expressões da Tabela 1, considerando-se os dados apresentados na Figura 22;
- calculam-se as forças resultantes no concreto (R_{cc}), pelas expressões apresentadas na Tabela 3, e no aço da armadura inferior (R_{si}) e da armadura superior (R_{ss}), pelas expressões da Tabela 2;
- realiza-se o somatório das forças resultantes, encontrando-se o valor do esforço normal atuante na seção ($N_{atuante}$):
$$N_{atuante} = R_{cc} + R_{si} + R_{ss};$$
- verifica-se se $N_{atuante} = N_d$ e, caso contrário, adota-se um novo valor para a profundidade da linha neutra ($x = x + \Delta x$), e se repetem as demais fases do processo;
- quando for verificada a igualdade ($N_{atuante} = N_d$) calcula-se o valor da distância (Z_g) entre a força resultante no concreto e o centróide da seção transversal pelas expressões da Tabela 3;
- determina-se o momento atuante (M):
$$M = R_{si} \left(\frac{h}{2} - d_i \right) + R_{ss} \left(\frac{h}{2} - d_s \right) + R_{cc} \left(\frac{h}{2} - Z_g \right);$$
- repete-se o mesmo procedimento para os demais valores de θ , fazendo-se $\theta = \theta + \Delta \theta$.

Adverte-se que devem ser verificadas as deformações nos materiais e os limites de deformação devem respeitar aos domínios apresentados na Figura 3. Primeiramente, é construída a curva para a tensão atuante no concreto σ_{cd} igual a $0,85f_{cd}$, obtendo-se, por meio desta, o valor do momento último referente à extrapolação de um dos valores-limite para a deformação nos materiais. Na sequência, é construída a curva para $1,10f_{cd}$, obtendo-se a relação momento-

curvatura a ser adotada nos cálculos, sem ultrapassar ao valor do momento último anteriormente calculado, conforme a Figura 24.

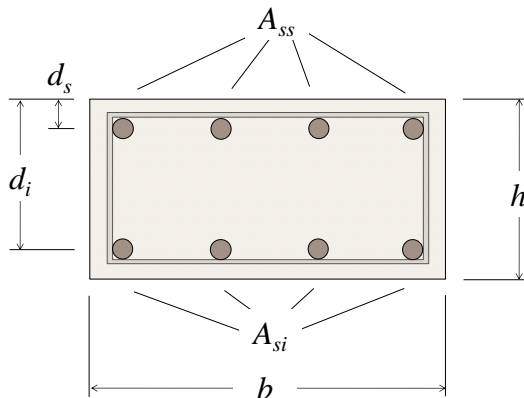


Figura 21: Seção transversal retangular com armadura distribuída em duas faces opostas (duas linhas de armadura).

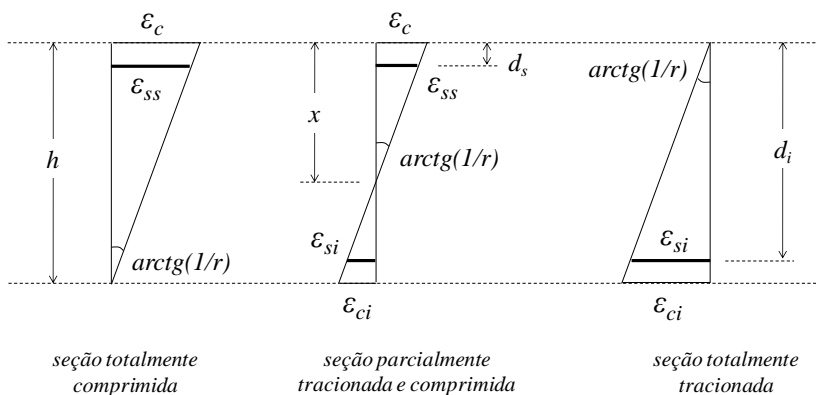


Figura 22: Deformações na seção transversal.

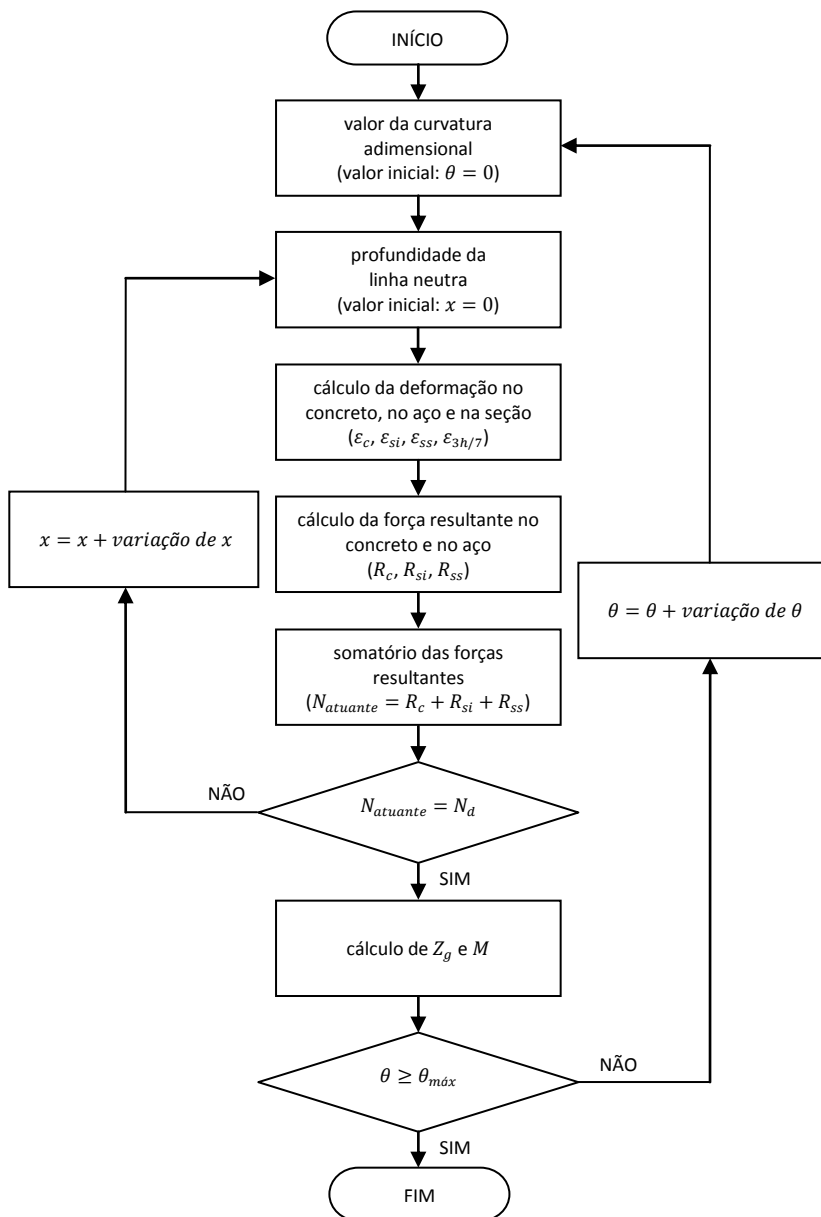


Figura 23: Fluxograma de construção da tabela de momento-curvatura.

Tabela 1: Expressões para o cálculo das deformações na seção transversal.

Deformação	Formulação
no concreto (fibra superior)	$\varepsilon_c = \frac{\theta x}{h}$
no concreto (fibra inferior)	$\varepsilon_{ci} = \frac{\theta(x - h)}{h}$
no aço (armadura superior)	$\varepsilon_{ss} = \frac{\theta(x - d_s)}{h}$
no aço (armadura inferior)	$\varepsilon_{si} = \frac{\theta(x - d_i)}{h}$
na fibra a $\frac{3}{7}h$	$\varepsilon_{(\frac{3}{7}h)} = \frac{\theta \left[x - \left(\frac{3}{7}h \right) \right]}{h}$

Tabela 2: Expressões para o cálculo das forças resultantes no aço.

Forças resultantes no aço		Formulação
da armadura inferior	$ \varepsilon_{si} > \varepsilon_{yd} $	$R_{si} = A_{si}\sigma_{sd}$
	$ \varepsilon_{si} \leq \varepsilon_{yd} $	$R_{si} = A_{si}\sigma_{sd} \frac{\varepsilon_{si}}{\varepsilon_{yd}}$
da armadura superior	$ \varepsilon_{ss} > \varepsilon_{yd} $	$R_{ss} = A_{ss}\sigma_{sd}$
	$ \varepsilon_{ss} \leq \varepsilon_{yd} $	$R_{ss} = A_{ss}\sigma_{sd} \frac{\varepsilon_{ss}}{\varepsilon_{yd}}$

Tabela 3: Expressões para o cálculo das forças resultantes no concreto.

Condições	Formulação
$\varepsilon_c \leq 2\text{‰}$ $x \leq h$	$R_{cc} = \sigma_{cd} b x \left(\frac{\varepsilon_c}{2} - \frac{\varepsilon_c^2}{12} \right)$
	$Z_g = \frac{x}{4} \frac{(8 - \varepsilon_c)}{(6 - \varepsilon_c)}$
$\varepsilon_c \leq 2\text{‰}$ $x > h$	$R_{cc} = \sigma_{cd} b h \left(\varepsilon_c + \frac{\varepsilon_c \theta}{4} - \frac{\varepsilon_c^2}{4} - \frac{\theta}{2} - \frac{\theta^2}{12} \right)$
	$Z_g = \frac{\varepsilon_c h}{\theta} - \frac{h \left[\frac{\varepsilon_c^3}{3} - \frac{\varepsilon_c^4}{16} - \frac{(\varepsilon_c - \theta)^3}{3} + \frac{(\varepsilon_c - \theta)^4}{16} \right]}{\theta^2 \left(\varepsilon_c + \frac{\varepsilon_c \theta}{4} - \frac{\varepsilon_c^2}{4} - \frac{\theta}{2} - \frac{\theta^2}{12} \right)}$
$\varepsilon_c > 2\text{‰}$ $x \leq h$	$R_{cc} = \sigma_{cd} b x \left(1 - \frac{2}{3\varepsilon_c} \right)$
	$Z_g = x \frac{(3\varepsilon_c^2 - 4\varepsilon_c + 2)}{2\varepsilon_c(3\varepsilon_c - 2)}$
$\varepsilon_c > 2\text{‰}$ $x > h$	$R_{cc} = \sigma_{cd} b h \left(\frac{12\varepsilon_c - 8 - (\varepsilon_c - \theta)^2(6 - \varepsilon_c + \theta)}{12\theta} \right)$
	$Z_g = \frac{h}{\theta} \left\{ \varepsilon_c - \frac{[24\varepsilon_c^2 - 16 - (\varepsilon_c - \theta)^3(16 - 3\varepsilon_c + 3\theta)]}{4[12\varepsilon_c - 8 - (\varepsilon_c - \theta)^2(6 - \varepsilon_c + \theta)]} \right\}$

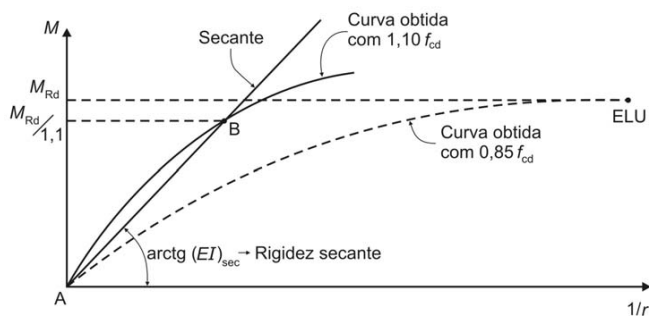


Figura 24: Relação momento-curvatura segundo a ABNT NBR 6118: 2007.
Fonte: ABNT NBR 6118: 2007.

4.3 Exemplo de construção do diagrama momento-curvatura

Como exemplo, será construído o diagrama momento-curvatura para um pilar bi-apoiado com $3,20\text{ m}$ de comprimento, com seção transversal retangular $20\text{ cm} \times 40\text{ cm}$, em concreto com resistência característica $f_{ck} = 25\text{ MPa}$, com armadura longitudinal composta por três linhas com duas barras de aço de $16,0\text{ mm}$ de diâmetro em cada uma, conforme a Figura 25. A área total da seção transversal de aço é igual a $12,066\text{ cm}^2$, sendo que o aço usado (CA-50) tem resistência característica ao escoamento $f_{yk} = 500\text{ MPa}$ e módulo de elasticidade longitudinal $E = 210\text{ GPa}$. Considera-se o cobrimento de 25 mm e a armadura transversal composta por estribos de $6,3\text{ mm}$ de diâmetro. O pilar encontra-se submetido a um esforço normal de cálculo $N_d = 730\text{ kN}$ e será calculado na direção com três linhas de armadura, com base $b = 20\text{ cm}$ e altura da seção $h = 40\text{ cm}$.

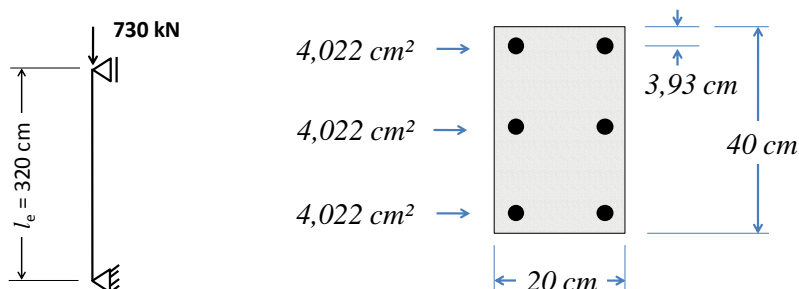


Figura 25: Dados do pilar do exemplo para construção do diagrama de momento-curvatura.

Primeiramente, gera-se a tabela que relaciona o momento fletor à curvatura adimensional, tal como se demonstra na Tabela 4. A partir da tabela, pode ser construído o diagrama, conforme a Figura 26. A tabela foi construída pelo programa *PPAP-FCN Múltiplas Camadas*, que será apresentado na sequência do trabalho, e o diagrama foi construído no programa *Microsoft Excel*.

Tabela 4: Relação momento-curvatura do exemplo para construção do diagrama momento-curvatura.

θ	Momento
0.00	0.00
0.50	25.78
1.00	50.94
1.50	68.81
2.00	81.49
2.50	91.78
3.00	100.62
3.44	107.40

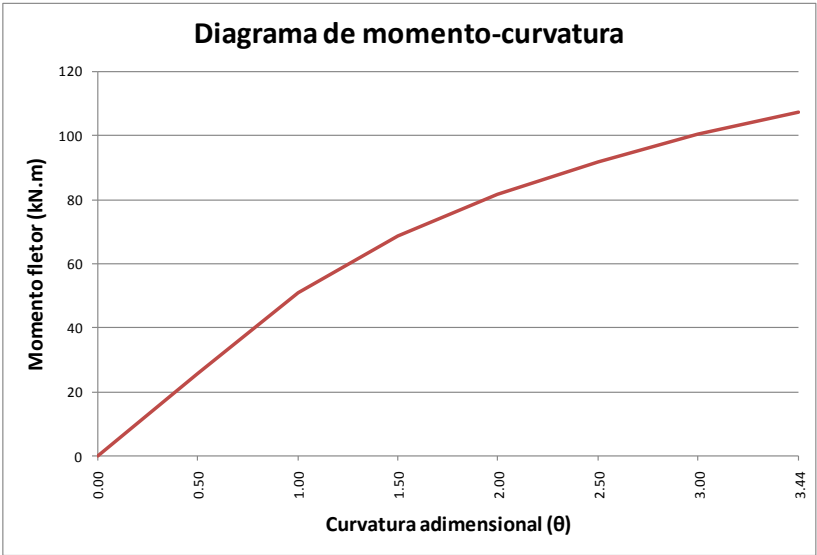


Figura 26: Exemplo de diagrama de momento-curvatura.

4.4 Considerações acerca da relação momento-curvatura

O diagrama momento-curvatura pode ser construído com base nas tabelas obtidas pelo processo descrito no item 4.2 e possibilita uma visualização do comportamento da seção transversal do elemento estrutural. Para materiais cujo comportamento é elástico-linear, o diagrama seria composto simplesmente por uma reta inclinada passando pela origem. Entretanto, para materiais com comportamento não-linear, o diagrama é curvo, como representado no exemplo da Figura 26.

Obviamente, pelo procedimento iterativo proposto, calcula-se a relação momento-curvatura por pontos, para determinados valores da curvatura adimensional θ , obtendo-se o diagrama por meio de uma sucessão de segmentos de reta. Desta forma, para que se obtenham valores intermediários, realiza-se uma interpolação linear entre dois pontos. Caso fosse ajustada uma curva à distribuição de momentos e curvaturas, uma equação polinomial poderia substituir este processo de interpolação e tornar mais prática a realização das etapas subsequentes, tais como as etapas de aplicação da analogia de Mohr ou do método das diferenças finitas.

4.5 Ajustamento de curvas

Após a confecção dos diagramas de momento-curvatura, fica proposta, neste trabalho, a realização do ajuste de uma equação polinomial à curva de momento-curvatura, por meio de técnicas da estatística. Tal problema da determinação de equações que se ajustem a um determinado conjunto de pontos é chamado ajustamento de curvas.

O processo pelo qual se estima uma variável dependente em função de outra, denominada independente, é normalmente designado regressão, sendo que à equação correspondente denomina-se equação de regressão e à curva correspondente denomina-se curva de regressão (SPIEGEL, 1978).

Uma das medidas da adequabilidade do ajustamento é dada pelo somatório do desvio de cada ponto ao quadrado, conforme representado pela Figura 27. Quanto menor o valor resultante do somatório, melhor é o resultado obtido pela equação desse ajustamento. Por sua vez, a melhor curva ajustadora é denominada curva de regressão de mínimos quadrados.

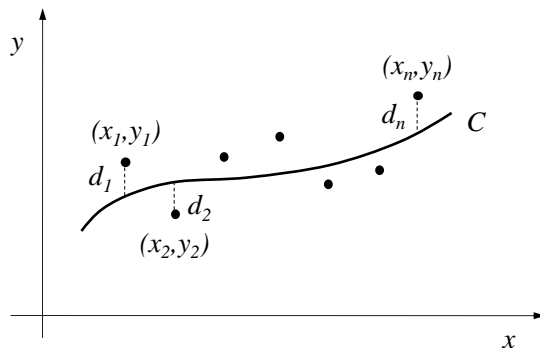


Figura 27: Medida dos desvios verticais até a curva de regressão.
Fonte: SPIEGEL, 1978 (modificado).

A reta dos mínimos quadrados que ajusta um conjunto de pontos tem por equação:

$$y = a + bx, \quad 4.10$$

onde as constantes a e b são obtidas pelo sistema:

$$\sum_{i=1}^n y_i = an + b \sum_{i=1}^n x_i, \text{ e} \quad 4.11$$

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i = a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n (x_i)^2. \quad 4.12$$

Por sua vez, n corresponde ao número de pontos utilizados no ajustamento e as variáveis x_i e y_i correspondem às coordenadas de cada ponto i .

Da mesma forma, a parábola dos mínimos quadrados que se ajusta a um conjunto de dados tem por equação:

$$y = a + bx + cx^2, \quad 4.13$$

onde as constantes são obtidas pelo sistema:

$$\sum_{i=1}^n y_i = an + b \sum_{i=1}^n x_i + c \sum_{i=1}^n (x_i)^2, \quad 4.14$$

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i = a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n (x_i)^2 + c \sum_{i=1}^n (x_i)^3, \text{ e} \quad 4.15$$

$$\sum_{i=1}^n [(x_i)^2 (y_i)] = a \sum_{i=1}^n (x_i)^2 + b \sum_{i=1}^n (x_i)^3 + c \sum_{i=1}^n (x_i)^4 . \quad 4.16$$

Como medida de aderência do ajustamento pode-se adotar o coeficiente de correlação generalizado:

$$r^2 = \frac{\text{variação explicada}}{\text{variação total}} = \frac{\sum (y_{est} - \bar{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2} , \quad 4.17$$

onde:

y_{est} : valor estimado;

$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$: valor médio.

Por meio de r^2 pode ser estimado quão bem uma curva de regressão não-linear se ajusta aos dados.

4.6 Propostas de ajustamento

Para a confecção dos exemplos que são apresentados nas propostas de ajustamento foi utilizado o programa *PPAP-FCN* para a construção da relação momento-curvatura e o software *Microsoft Excel 2007* para a realização do ajustamento de curvas. O programa *PPAP-FCN* foi desenvolvido pelo autor e será apresentado no Capítulo 6 da dissertação.

Seja considerado um pilar com seção transversal retangular de $25 \text{ cm} \times 45 \text{ cm}$, em concreto com $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$, submetido à compressão excêntrica. Adota-se $d_s = 3,30 \text{ cm}$ e $d_i = 21,7 \text{ cm}$, para a verificação na direção mais crítica, quando a altura da seção transversal mede $h = 25 \text{ cm}$. Admite-se para o valor da resistência característica ao escoamento do aço $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ e para o seu módulo de elasticidade longitudinal $E = 210 \text{ GPa}$. A armadura é disposta nas duas faces opostas, conforme a Figura 28, com área total $A_s = 18,00 \text{ cm}^2$, ou seja, $A_s = 9,00 \text{ cm}^2$ em cada linha de armadura.

Para os dados apresentados, são obtidos os seguintes valores:

- taxa mecânica de armadura: $\omega = 0,487$;
- relação $d'/h = 0,132$.

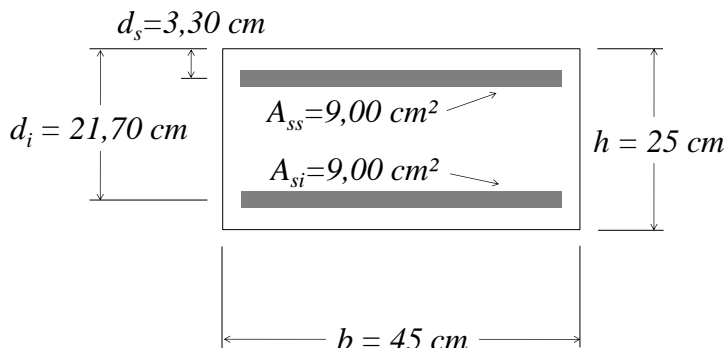


Figura 28: Seção transversal do exemplo de ajustamento.

4.6.1 Proposta de ajuste ideal

Denomina-se ajuste ideal ao processo de ajustamento de curvas com o maior nível de precisão possível, obtido a partir da relação momento-curvatura com a variação da curvatura adimensional $\Delta\theta = 0,1$. Para a análise deste caso, o nível de esforço normal, representado pelo esforço normal adimensional (ν), sofrerá variação entre $\nu = 0,0$ e $\nu = 1,0$.

Como exemplo, realiza-se a análise para $N_d = 0$, equivalente ao esforço normal adimensional $\nu = 0,0$, obtendo-se o diagrama apresentado na Figura 29. Salienta-se que foi realizada a opção pelo nível de esforço normal nulo pelo fato de seu diagrama normalmente apresentar um grande patamar, sendo que a demonstração realizada para este tipo de diagrama vale para a maioria dos casos.

Procede-se então a um processo de ajuste direto de curvas, como se encontra representado na Figura 30. Entretanto, percebe-se que é difícil ajustar somente uma equação ao diagrama completo com uma boa precisão. Analisando-se a figura, verifica-se então a possibilidade de ajustamento em duas partes, uma equação polinomial referente ao trecho curvo e uma equação linear referente ao trecho aproximadamente reto.

Como se busca a maior precisão possível deve-se adotar a curva cuja correlação seja bastante próxima à unidade, utilizando-se nesta etapa, quatro casas decimais, como apresentado nas Figuras 31 e 32.

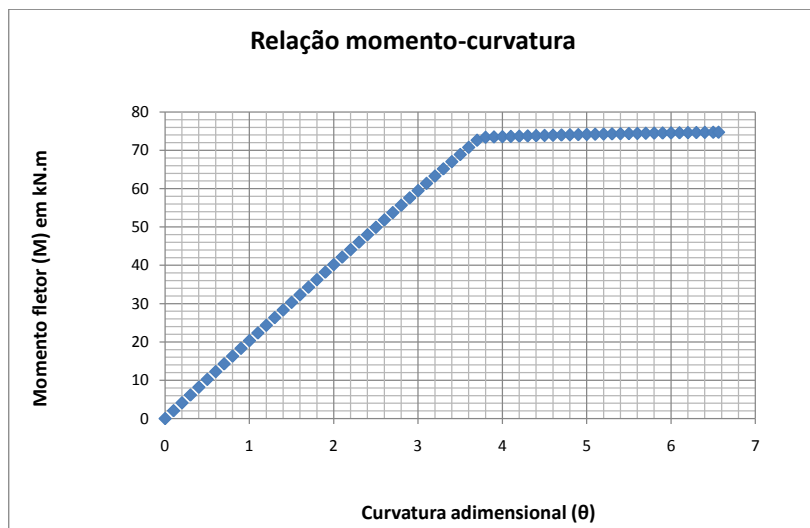


Figura 29: Gráfico de dispersão para a relação momento-curvatura do exemplo de ajustamento com $\nu = 0,0$.

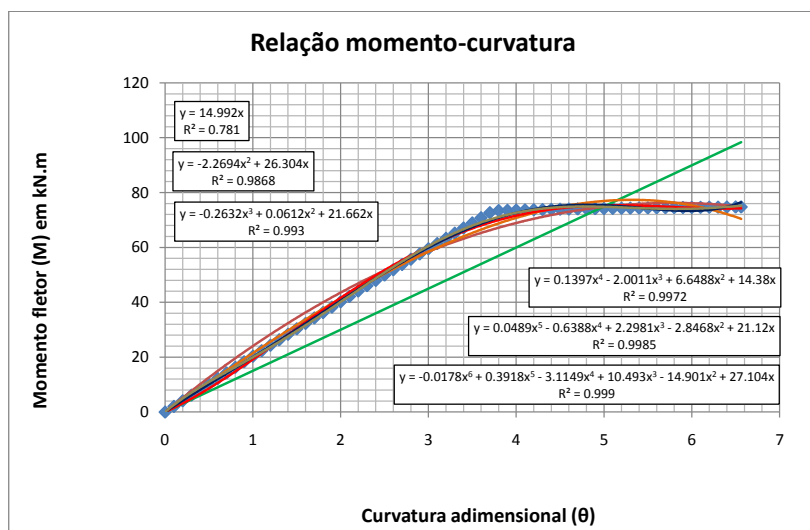


Figura 30: Ajustamento de curvas à relação momento-curvatura do exemplo de ajustamento com $\nu = 0,0$.

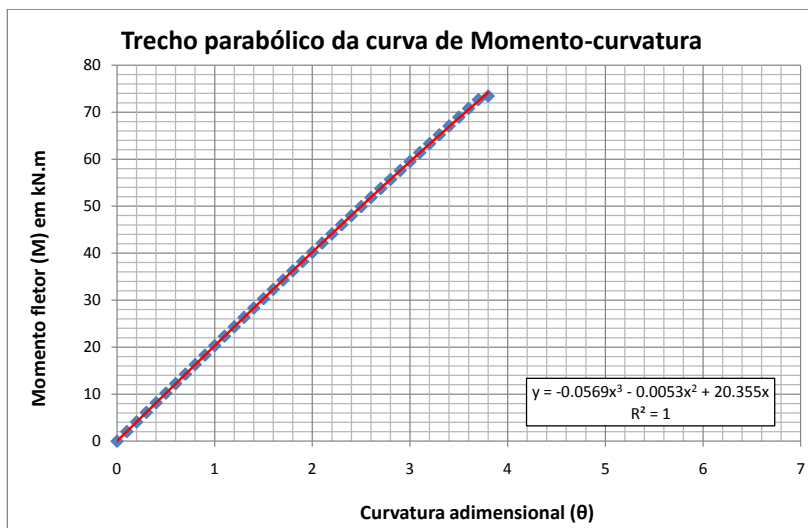


Figura 31: Ajustamento de uma equação ao trecho parabólico do exemplo de ajustamento com $\nu = 0,0$.

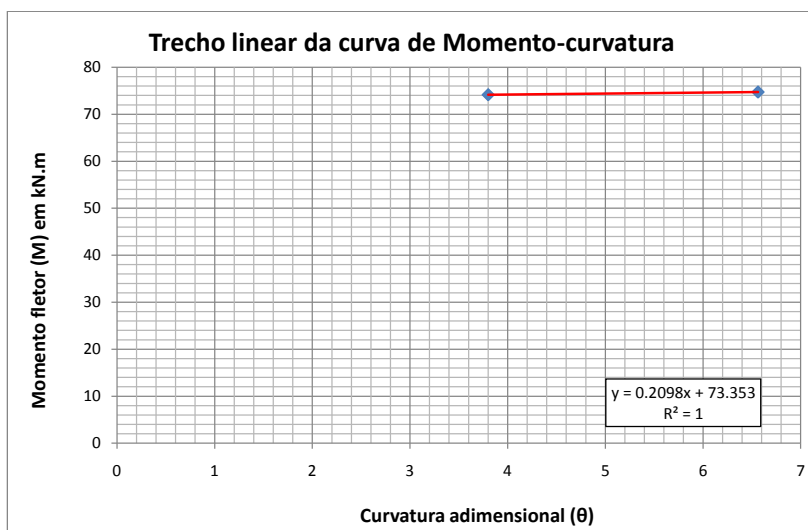


Figura 32: Ajustamento de uma equação ao trecho linear do exemplo de ajustamento com $\nu = 0,0$.

A delimitação dos trechos correspondentes à curva e à reta pode ser feita utilizando-se como critério a variação da diferença percentual entre o momento último e o momento fletor para cada curvatura, em relação ao momento último, entre duas curvaturas subseqüentes. Neste processo, considera-se que a partir do ponto no qual a diferença percentual seja igual ou inferior a 0,5 % pode-se considerar este ponto pertencente a uma reta inclinada, sendo que o limite de 0,5 % é um valor empírico, obtido por meio dos testes realizados. Sem dúvidas, este valor pode vir a ser ajustado com a realização de novos estudos.

Neste trabalho, aplica-se a regra descrita acima da seguinte maneira: elabora-se uma tabela posicionando-se na primeira coluna a curvatura adimensional θ e na segunda coluna o momento resistente da seção transversal $M(i)$, correspondente a cada curvatura. Na terceira coluna, calcula-se a diferença percentual $P(i)$ entre o momento último (M_u) e o momento resistente $M(i)$ para cada curvatura, em relação ao momento último, conforme a expressão:

$$P(i) = 100 \cdot \frac{M_u - M(i)}{M_u} . \quad 4.18$$

A quarta coluna corresponde à diferença entre as diferenças percentuais de duas linhas subseqüentes ($D(i)$), calculada a partir da segunda linha da tabela, conforme a expressão:

$$D(i) = P(i - 1) - P(i) . \quad 4.19$$

Determinados os valores de $D(i)$, consideram-se pertencentes ao trecho parabólico os pontos referentes a $D(i) > 0,5 \%$.

Na quinta coluna, calculam-se os pontos obtidos pela equação parabólica ou linear, conforme o respectivo caso. Desta forma, pode-se obter, na coluna seguinte, o desvio entre o valor calculado e o valor de referência ($d(i)$), determinando-se o somatório dos desvios ao quadrado ($dq(i)$), que avalia o nível de ajustamento das curvas, conforme as expressões:

$$A(i) = \text{ponto calculado pela equação ajustada a cada trecho} , \quad 4.20$$

$$d(i) = A(i) - M(i) , \text{ e} \quad 4.21$$

$$dq(i) = d(i)^2 . \quad 4.22$$

Salienta-se que a equação referente ao trecho linear é obtida traçando-se uma reta entre o último ponto da curva ajustada e o ponto correspondente à curvatura adimensional última e ao momento resistente último correspondente.

Para o exemplo acima, com $\nu = 0,0$, os valores obtidos são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Verificação do ajustamento das curvas à relação momento-curvatura do exemplo de ajustamento com $\nu = 0,0$.

θ	M(i)	P(i)	D(i)	A(i)	d(i)	dq(i)
0.000	0.000	100.00		0.000	0.000	0.000
0.100	2.050	97.257	2.743	2.035	-0.015	0.000
0.200	4.100	94.514	2.743	4.070	-0.030	0.001
0.300	6.140	91.784	2.730	6.104	-0.036	0.001
0.400	8.180	89.054	2.730	8.138	-0.042	0.002
0.500	10.220	86.324	2.730	10.169	-0.051	0.003
0.600	12.250	83.608	2.716	12.199	-0.051	0.003
0.700	14.270	80.905	2.703	14.226	-0.044	0.002
0.800	16.300	78.188	2.716	16.251	-0.049	0.002
0.900	18.320	75.485	2.703	18.274	-0.046	0.002
1.000	20.330	72.795	2.690	20.293	-0.037	0.001
1.100	22.340	70.106	2.690	22.308	-0.032	0.001
1.200	24.340	67.429	2.676	24.320	-0.020	0.000
1.300	26.340	64.753	2.676	26.328	-0.012	0.000
1.400	28.330	62.090	2.663	28.330	0.000	0.000
1.500	30.320	59.427	2.663	30.329	0.009	0.000
1.600	32.300	56.778	2.650	32.321	0.021	0.000
1.700	34.280	54.128	2.650	34.309	0.029	0.001
1.800	36.250	51.492	2.636	36.290	0.040	0.002
1.900	38.220	48.856	2.636	38.265	0.045	0.002
2.000	40.180	46.233	2.623	40.234	0.054	0.003
2.100	42.140	43.610	2.623	42.195	0.055	0.003
2.200	44.090	41.001	2.609	44.149	0.059	0.004
2.300	46.040	38.392	2.609	46.096	0.056	0.003
2.400	47.980	35.796	2.596	48.035	0.055	0.003
2.500	49.910	33.213	2.583	49.965	0.055	0.003
2.600	51.840	30.630	2.583	51.887	0.047	0.002
2.700	53.760	28.061	2.569	53.800	0.040	0.002
2.800	55.680	25.492	2.569	55.703	0.023	0.001
2.900	57.590	22.936	2.556	57.597	0.007	0.000
3.000	59.500	20.380	2.556	59.481	-0.019	0.000
3.100	61.390	17.851	2.529	61.354	-0.036	0.001
3.200	63.290	15.308	2.542	63.217	-0.073	0.005
3.300	65.170	12.793	2.516	65.069	-0.101	0.010

Continuação da Tabela 5: Verificação do ajustamento das curvas à relação momento-curvatura do exemplo de ajustamento com $\nu = 0,0$.

θ	M(i)	P(i)	D(i)	A(i)	d(i)	dq(i)
3.400	67.050	10.277	2.516	66.909	-0.141	0.020
3.500	68.920	7.775	2.502	68.738	-0.182	0.033
3.600	70.790	5.272	2.502	70.555	-0.235	0.055
3.700	72.650	2.783	2.489	72.359	-0.291	0.085
3.800	73.420	1.753	1.030	74.150	0.730	0.533
3.900	73.500	1.646	0.107	74.171	0.671	0.451
4.000	73.570	1.552	0.094	74.192	0.622	0.387
4.100	73.640	1.459	0.094	74.213	0.573	0.329
4.200	73.710	1.365	0.094	74.234	0.524	0.275
4.300	73.770	1.285	0.080	74.255	0.485	0.235
4.400	73.840	1.191	0.094	74.276	0.436	0.190
4.500	73.900	1.111	0.080	74.297	0.397	0.158
4.600	73.950	1.044	0.067	74.318	0.368	0.135
4.700	74.010	0.963	0.080	74.339	0.329	0.108
4.800	74.070	0.883	0.080	74.360	0.290	0.084
4.900	74.110	0.830	0.054	74.381	0.271	0.073
5.000	74.160	0.763	0.067	74.402	0.242	0.059
5.100	74.210	0.696	0.067	74.423	0.213	0.045
5.200	74.250	0.642	0.054	74.444	0.194	0.038
5.300	74.300	0.575	0.067	74.465	0.165	0.027
5.400	74.340	0.522	0.054	74.486	0.146	0.021
5.500	74.380	0.468	0.054	74.507	0.127	0.016
5.600	74.420	0.415	0.054	74.528	0.108	0.012
5.700	74.460	0.361	0.054	74.549	0.089	0.008
5.800	74.500	0.308	0.054	74.570	0.070	0.005
5.900	74.530	0.268	0.040	74.591	0.061	0.004
6.000	74.560	0.227	0.040	74.612	0.052	0.003
6.100	74.590	0.187	0.040	74.633	0.043	0.002
6.200	74.630	0.134	0.054	74.654	0.024	0.001
6.300	74.650	0.107	0.027	74.675	0.025	0.001
6.400	74.690	0.054	0.054	74.696	0.006	0.000
6.500	74.720	0.013	0.040	74.717	-0.003	0.000
6.563	74.730	0.000	0.013	74.730	0.000	0.000

Este procedimento pode ser aplicado para qualquer nível de esforço normal, seja para a relação momento-curvatura correspondente à tensão de $0,85f_{cd}$ ou $1,10f_{cd}$. Os resultados obtidos para todos os níveis de esforço normal propostos no exemplo são apresentados na Tabela 6. Percebe-se que em vários casos não há o trecho linear.

Tabela 6: Equações para a relação momento-curvatura do exemplo de ajustamento para diferentes níveis de esforço normal.

		Trecho curvo - Equação polinomial				Trecho reto - Equação linear	
ν	μ	Grau	Equação	r^2	Validade	Equação	Validade
0.0	74.73	3	$M = -0.0569\theta^3 - 0.0053\theta^2 + 20.355\theta$	1.0000	$0 \leq \theta \leq 3.80$	$M = 0.2098\theta + 73.353$	$3.80 < \theta \leq 6.56$
0.1	88.94	6	$M = -0.1799\theta^6 + 2.4639\theta^5 - 13.221\theta^4 + 35.103\theta^3 - 48.204\theta^2 + 51.804\theta$	0.9999	$0 \leq \theta \leq 4.20$	$M = 0.7114\theta + 83.502$	$4.20 < \theta \leq 7.64$
0.2	101.97	6	$M = -0.059\theta^6 + 0.9559\theta^5 - 6.2447\theta^4 + 21.004\theta^3 - 38.827\theta^2 + 57.065\theta$	1.0000	$0 \leq \theta \leq 4.60$	$M = 0.8739\theta + 95.125$	$4.60 < \theta \leq 7.83$
0.3	110.40	6	$M = 0.0026\theta^6 + 0.0198\theta^5 - 0.8061\theta^4 + 6.2726\theta^3 - 21.736\theta^2 + 54.122\theta$	0.9999	$0 \leq \theta \leq 5.07$	-	-
0.4	111.02	6	$M = 0.0637\theta^6 - 0.9325\theta^5 + 4.917\theta^4 - 10.138\theta^3 - 0.1917\theta^2 + 46.386\theta$	0.9999	$0 \leq \theta \leq 4.75$	-	-
0.5	102.30	6	$M = 0.1546\theta^6 - 2.1273\theta^5 + 11.102\theta^4 - 26.088\theta^3 + 20.195\theta^2 + 37.642\theta$	1.0000	$0 \leq \theta \leq 4.08$	-	-
0.6	93.44	5	$M = -0.4113\theta^5 + 4.1486\theta^4 - 14.34\theta^3 + 14.394\theta^2 + 36.305\theta$	1.0000	$0 \leq \theta \leq 3.38$	-	-
0.7	84.06	5	$M = 0.5658\theta^5 - 2.8622\theta^4 + 2.6617\theta^3 - 0.211\theta^2 + 38.196\theta$	1.0000	$0 \leq \theta \leq 2.76$	-	-
0.8	73.89	3	$M = -1.827\theta^3 + 2.959\theta^2 + 35.344\theta$	1.0000	$0 \leq \theta \leq 2.26$	-	-
0.9	62.40	2	$M = -1.2982\theta^2 + 35.525\theta$	1.0000	$0 \leq \theta \leq 1.90$	-	-
1.0	49.17	2	$M = -1.136\theta^2 + 33.151\theta$	1.0000	$0 \leq \theta \leq 1.57$	-	-

Em suma, verifica-se que, para baixos níveis de esforço normal, a parte final da curva de momento-curvatura corresponde a um trecho cujo valor varia bem pouco em torno de sua média, formando um trecho reto com pouca inclinação ascendente. Ademais, este trecho praticamente linear dificulta o ajustamento de uma curva polinomial que agregue toda a relação momento-curvatura em apenas uma equação. Para contornar esta dificuldade, pode-se propor que se assuma, para a relação momento-curvatura, um trecho parabólico de equação polinomial e um trecho linear, quando necessário, construindo-se de tal forma toda a curva correspondente. A divisão dos trechos se dá pelo estudo da variação percentual entre os valores do momento fletor para cada curvatura e o momento fletor último da seção transversal.

Para que este processo de ajustamento seja válido deve ser garantido que a equação ajustada respeite os fundamentos matemáticos relacionados ao ajustamento de curvas, verificando-se para o coeficiente de correlação um valor próximo à unidade. Ademais, devem ser verificadas as condições de contorno da curva, ou seja, que o início da curva seja na origem do sistema (0,0) e o seu fim coincida com o início da reta inclinada, sem que haja descontinuidade entre elas, e nenhum valor supere o momento fletor último.

Salienta-se que, quando forem determinados os valores de $D(i)$ e apenas um valor for igual ou inferior a 0,5 %, pode-se desconsiderar o

trecho linear, ajustando-se uma parábola à curva inteira, verificando-se apenas que nenhum valor seja superior ao valor do momento último. Se o último valor obtido pela equação que se ajusta a esta curva superar em pouco o valor do momento último, a equação pode ser adotada sem problemas, desde que o último valor seja substituído pelo momento último no ato de sua aplicação.

4.6.2 Proposta de ajuste simples

O processo de ajuste simples permite um ajustamento mais rápido e também com boa precisão, para aplicações usuais, quando se tem a relação momento-curvatura com a variação da curvatura adimensional $\Delta\theta = 0,1$ e o nível de esforço normal $\nu \geq 0,5$. Este processo é ideal para os casos em que não haja no diagrama um patamar bem definido. Neste caso, pode-se adotar para a relação momento-curvatura uma equação do terceiro grau para toda a curva, desde que nenhum ponto supere o valor do momento último.

Para o exemplo apresentado no item anterior, as equações obtidas estão apresentadas na Tabela 7.

Para demonstrar a boa precisão dos resultados, apresenta-se na Figura 33 a comparação entre a curva construída por meio da equação do terceiro grau, confeccionada a partir da tabela de momento-curvatura com variação da curvatura adimensional $\Delta\theta = 1,0$, e a curva formada por segmentos de reta, construída a partir da tabela de momento-curvatura com variação da curvatura adimensional $\Delta\theta = 0,1$.

4.7 Considerações acerca da formulação da segurança

Salienta-se que na construção da relação momento-curvatura foi adotada a formulação convencional da segurança, sendo que não se considerou em nenhuma parte do trabalho a formulação em que se calculam os esforços de segunda ordem segundo a alternativa proposta pela norma brasileira no item 15.3.1 (ABNT NBR 6118: 2007). Esta decisão decorre da ênfase dada ao trabalho, voltado para a confecção dos diagramas. Todavia, tal formulação de segurança pode ser analisada em trabalhos futuros, seja na continuação desta pesquisa ou em outros trabalhos acerca do tema.

Tabela 7: Equações obtidas pelo processo de ajuste simples para a relação momento-curvatura do exemplo de ajustamento.

ν	Mu	Equação	Validade
0.5	102.30	$M = 1.06\theta^3 - 10.52\theta^2 + 50.39\theta$	$0 \leq \theta \leq 4.08$
0.6	93.44	$M = 0.51\theta^3 - 7.49\theta^2 + 47.11\theta$	$0 \leq \theta \leq 3.38$
0.7	84.06	$M = -0.89\theta^3 - 1.05\theta^2 + 40.14\theta$	$0 \leq \theta \leq 2.76$
0.8	73.89	$M = -2.05\theta^3 + 3.80\theta^2 + 34.55\theta$	$0 \leq \theta \leq 2.26$
0.9	62.40	$M = -1.49\theta^2 + 35.75\theta$	$0 \leq \theta \leq 1.90$
1.0	49.17	$M = -1.37\theta^2 + 33.45\theta$	$0 \leq \theta \leq 1.57$

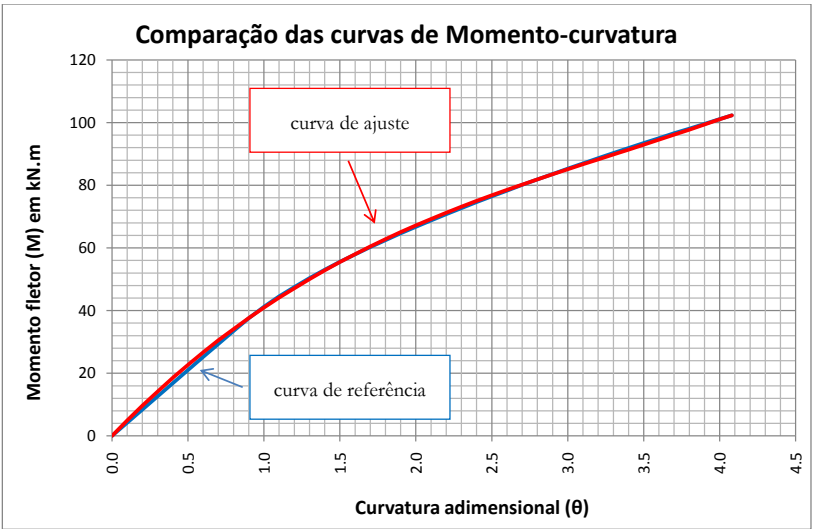


Figura 33: Comparação entre a curva exata e a curva obtida pelo processo de ajuste simples para o exemplo de ajustamento com $\nu = 0,5$.

5 DETERMINAÇÃO DE EFEITOS LOCAIS DE 2ª ORDEM

Os efeitos de segunda ordem são aqueles que se somam aos obtidos em uma análise de primeira ordem, ou seja, obtidos quando a análise do equilíbrio passa a ser efetuada considerando-se a configuração deformada da estrutura (ABNT NBR 6118: 2007). Em outras palavras, são efeitos adicionais das ações resultantes das deformações da estrutura, sendo que, quando se consideram tais efeitos, deve-se considerar o equilíbrio e a resistência no estado deformado (EN 1992: 2004). Torna-se necessário, deste modo, diferenciar as teorias denominadas de primeira e segunda ordem. A teoria de primeira ordem diz respeito à análise do equilíbrio da estrutura indeformada. Por outro lado, a teoria de segunda ordem considera a configuração deformada da estrutura, ou seja, considera-se a não-linearidade geométrica dos elementos.

A não-linearidade geométrica é ocasionada em função de uma alteração na geometria do elemento, havendo deslocamentos transversais que geram momentos solicitantes, em uma determinada seção, superiores aos momentos no elemento indeformado.

Vale ressaltar que o princípio da superposição não se aplica à teoria de segunda ordem. Logo, não é possível realizar a soma dos deslocamentos devidos a carregamentos diferentes para a obtenção dos efeitos devidos a um carregamento total igual à soma dos anteriores (ARAÚJO, 1984).

Um dos aspectos a serem considerados na determinação dos efeitos de segunda ordem é a forma do diagrama de momentos fletores de primeira ordem. A Figura 34 apresenta três casos para o pilar bi-apoiado (ARAÚJO, 2003):

- a) mesmo valor do momento fletor atuante na base e no topo do pilar, consistindo na pior situação, com maior deslocamento na seção central do pilar, onde ocorre a ruína;
- b) momento fletor atuante em uma das extremidades, com deslocamento máximo em uma seção mais próxima desse extremo;
- c) momento fletor atuante nos sentidos opostos, com deslocamento nulo na seção central do pilar e provável ruína na seção da extremidade ou numa seção próxima à mesma.

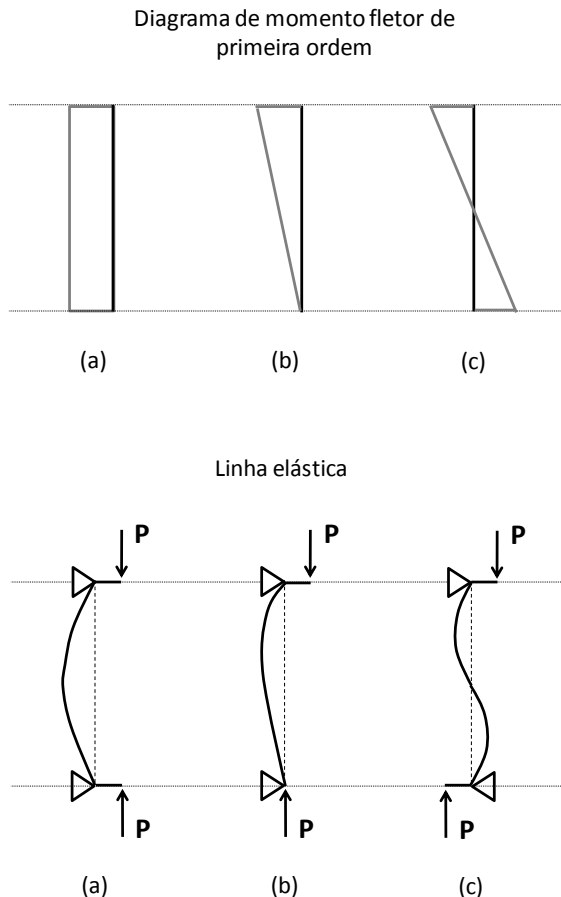


Figura 34: Influência da forma do diagrama de momento de primeira ordem.

Neste trabalho, serão desenvolvidas as análises considerando-se a pior situação, ou seja, quando o momento fletor de primeira ordem atua com o mesmo valor na base e no topo do pilar (situação “a”). Esta situação é normalmente considerada em projeto, pelo fato de ser a situação mais crítica. Para este caso, é possível a consideração de um pilar engastado na base e livre no topo, com metade da altura do pilar bi-apoiado, obtendo-se metade do diagrama, visto que a outra metade é

simétrica. Logo, se para o pilar bi-apoiado o maior deslocamento ocorre na seção central, para o pilar engastado e livre o maior deslocamento ocorre no topo do pilar.

Cabe ressaltar, ainda, que o esforço de flexão composta, em elementos reticulados, pode ser compreendido como um esforço de compressão centrada somada a um esforço de momento fletor, sendo que a ABNT NBR 6118: 2007 apresenta a maior parte do assunto sobre instabilidade e efeitos de segunda ordem com a consideração e o cálculo de momentos fletores. Contudo, neste trabalho, a flexo-compressão será considerada como um esforço de compressão com uma determinada excentricidade. Em ambos os casos, são obtidos os mesmos resultados.

5.1 Classificação dos pilares quanto aos efeitos de 2ª ordem

De acordo com a importância dos efeitos de segunda ordem, os pilares podem ser classificados da seguinte maneira:

- pilares curtos: os efeitos de segunda ordem podem ser desprezados;
- pilares moderadamente esbeltos: os efeitos de segunda ordem devem ser considerados, mas podem ser adotados métodos simplificados;
- pilares esbeltos: os efeitos de segunda ordem devem ser considerados por um processo que leve em conta tanto a não-linearidade física quanto a não-linearidade geométrica de forma rigorosa.

Para que possam ser desprezados os efeitos de segunda ordem, as principais normas internacionais exigem a consideração do índice de esbeltez (λ) e da excentricidade relativa de primeira ordem da força normal (e_1/h), sendo que o objetivo de se desprezar esses efeitos é simplesmente para reduzir a dificuldade de cálculo, quando eles não são relevantes no processo de dimensionamento.

De acordo com a ABNT NBR 6118: 2007 os efeitos de segunda ordem podem ser desprezados se o aumento nas reações e nas solicitações relevantes da estrutura, obtidos numa análise de primeira ordem, forem inferiores a 10 %, sendo que, para a sua determinação, deve ser considerado o comportamento não-linear dos materiais.

Para a verificação da necessidade de inclusão dos efeitos de segunda ordem, a norma brasileira apresenta o parâmetro λ_1 , o qual é

determinado por uma expressão que considera a excentricidade relativa de primeira ordem da força normal (e_1/h), a vinculação dos extremos da coluna isolada e a forma do diagrama de momentos fletores de primeira ordem. Permite-se que os efeitos de segunda ordem sejam desprezados sempre que o índice de esbeltez λ for menor que o valor limite λ_1 ou quando for menor ou igual a 35 ($\lambda < \lambda_1$ ou $\lambda \leq 35$).

Todavia, as tabelas e os diagramas apresentados neste trabalho serão desenvolvidos pelo método geral, considerando-se em todos os casos os efeitos de segunda ordem. Deste modo, se o pilar for curto, será obtido um momento de segunda ordem muito pequeno, resultando em valores bem próximos entre o momento de primeira ordem e o momento total. Cabe ao calculista a verificação dos casos em que seja possível desprezar os efeitos de segunda ordem e adotar para estes casos os diagramas referentes ao índice de esbeltez nulo.

Portanto, neste trabalho, será considerada a seguinte divisão:

- $\lambda \leq 90$: pilar curto ou moderadamente esbelto, para o qual é possível dispensar a inclusão dos efeitos de segunda ordem quando $\lambda < \lambda_1$ ou $\lambda \leq 35$ e, quando necessário incluí-los, podem ser aplicados métodos simplificados para a sua determinação, embora neste trabalho os efeitos de segunda ordem sejam incluídos em todos os casos pelo método geral. Neste caso, também não é necessária a consideração da fluência;
- $90 < \lambda \leq 200$: pilar esbelto, o qual não será considerado no trabalho devido à necessidade de inclusão da fluência.

A fluência pode ser considerada por meio de um método simplificado, com a inclusão de uma excentricidade adicional, mas como no decorrer do trabalho é dada ênfase aos processos de maior precisão, não será abordada a fluência, visto que a sua consideração precisa é bastante complexa.

5.2 Método geral

Segundo a ABNT NBR 6118: 2007, o método geral se fundamenta na análise não-linear de segunda ordem, a qual se efetua com discretização adequada da barra, considerando-se a relação momento-curvatura real em cada seção e a não-linearidade geométrica de maneira não aproximada. Em outras palavras, devem-se adotar

processos que proporcionem uma boa exatidão nos resultados, considerando o comportamento não-linear físico dos materiais e o comportamento não-linear geométrico dos elementos estruturais, procurando-se obter uma solução teórica mais precisa do que a obtida por métodos aproximados.

Contudo, quanto maior a precisão almejada, maior é a complexidade dos procedimentos de análise. Em geral, a consideração do comportamento não-linear envolve métodos iterativos, cuja solução só pode ser obtida por meio de tentativas ou aproximações sucessivas. Todavia, a obrigatoriedade de aplicação do método geral é exigida somente para pilares bastante esbeltos, com $\lambda > 140$, embora neste trabalho seja utilizado o método geral para todos os casos, devido à sua precisão.

O texto da norma atual, apenas comenta as condições em que o método geral deve ser adotado, mas não explica as variações do método e nem tampouco como se efetua a sua aplicação. Como as normas se encontram em constante evolução, sendo revisadas periodicamente, é possível que novas versões venham a contemplar os métodos mais precisos e dá-los maior ênfase que aos métodos aproximados, visto que a evolução da capacidade de processamento e dos implementos computacionais tem ocorrido significativamente a cada ano.

O método geral pode ser aplicado a pilares com seção transversal qualquer, assim como pilares com seção variável em relação ao eixo longitudinal do elemento e qualquer tipo de carregamento.

Pelo método geral, deve-se determinar, em primeiro lugar, a relação momento-curvatura. Na sequência, é possível a adoção de dois processos distintos para a determinação dos efeitos de segunda ordem, denominados analogia de Mohr e método das diferenças finitas. Ambos os processos são bastante precisos e fornecem resultados semelhantes.

Tanto a analogia de Mohr quanto o método das diferenças finitas consistem na divisão do pilar em seções. Quanto maior o número de seções utilizadas, maior é a precisão dos resultados. Contudo, quanto maior for o número de divisões também será maior o número de operações a serem efetuadas, tornando-se inviável o trabalho manual. Desta forma, é aconselhável automatizar o processo por meio de programação.

A utilização de qualquer um dos dois processos, juntamente com o diagrama de momento-curvatura, possibilita uma boa precisão na análise de pilares de concreto armado, com a inclusão tanto da não-linearidade física como também da não-linearidade geométrica.

5.2.1 Analogia de Mohr

A analogia de Mohr é um processo para a integração das curvaturas que apresenta uma boa precisão no valor da flecha e do momento fletor atuante, quando utilizado adequadamente. Como todo método numérico, deve-se efetuar os cálculos até que haja convergência da solução com a precisão desejada. Para tanto, o analista deve adotar um critério de convergência conveniente, ou seja, um critério cujos resultados expressem adequadamente o comportamento do elemento estudado para os fins almejados. Neste trabalho, adota-se o deslocamento máximo do pilar como o critério de convergência.

Segundo Malakoski (1998), este processo foi desenvolvido a partir da semelhança entre a equação diferencial simplificada da linha elástica e a equação diferencial da estática e entre as derivadas dos momentos e dos deslocamentos em relação a x , conforme as expressões:

$$\frac{d^2v}{dx^2} = \frac{M}{EI}, \quad 5.1$$

$$\frac{d^2M}{dx^2} = q, \quad 5.2$$

$$\frac{dM}{dx} = Q, \text{ e} \quad 5.3$$

$$\frac{dv}{dx} = \varphi; \quad 5.4$$

onde q representa a carga, Q representa o esforço cortante e as demais variáveis são apresentadas no item 4.1, referente à definição de curvatura.

Malakoski (1998) define o princípio fundamental da analogia de Mohr da seguinte forma: “A analogia de Mohr considera os deslocamentos como sendo o momento fletor em uma barra equivalente, carregada com uma força distribuída cuja taxa de distribuição é M/EI ”. M é o momento fletor atuante na barra e a relação M/EI representa a curvatura $1/r$, que é obtida por meio da relação momento-curvatura, conforme apresentado no capítulo anterior.

Cabe ressaltar que as vinculações da barra equivalente, também conhecida como análoga ou conjugada, dependem das vinculações da barra original, como se demonstra na Figura 35. Por este critério, a barra

conjugada de uma barra isostática será também isostática, enquanto que a barra conjugada de uma barra hiperestática, sem recalque de apoios, será hipostática.

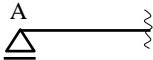
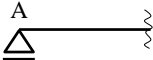
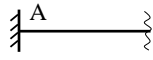
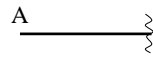
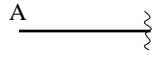
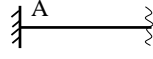
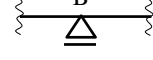
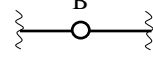
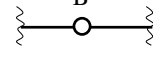
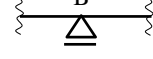


Viga dada	Viga conjugada	Condições de contorno
		$y_A = 0$ $\varphi_A \neq 0$
		$y_A = 0$ $\varphi_A = 0$
		$y_A \neq 0$ $\varphi_A \neq 0$
		$y_B = 0$ $\varphi_B^{esq} = \varphi_B^{dir}$
		$y_B \neq 0$ $\varphi_B^{esq} \neq \varphi_B^{dir}$
		$y_B = 0$ $\varphi_B^{esq} \neq \varphi_B^{dir}$

Figura 35: Transformação de vínculos para obtenção da viga conjugada.
Fonte: SUSSEKIND, 1979.

Loriggio (2009) apresenta a aplicação da analogia de Mohr a pilares conforme a sequência ilustrada nas Figuras 36 e 37.

Primeiramente, divide-se o elemento retilíneo em n seções, as quais distam entre si de uma quantidade Δx . Pelas equações da estática, é obtido o momento fletor de primeira ordem, que para o caso da Figura 36 é igual a $N_d e$. Aplica-se então a distribuição de momentos como carregamento da barra conjugada e se obtém para cada seção o valor da resultante do carregamento W pelas relações:

$$W_i = \bar{p} \Delta x, \text{ e} \quad 5.5$$

$$W_0 = W_n = \frac{\bar{p}\Delta x}{2}; \quad 5.6$$

onde o valor de \bar{p} corresponde à curvatura devida ao momento de primeira ordem.

A partir do procedimento descrito acima, é obtido o valor dos deslocamentos ao longo do elemento para a primeira etapa da aplicação da analogia de Mohr. Para a segunda e as demais etapas, até que haja convergência ou o processo seja encerrado de alguma forma, considera-se a deformada da etapa anterior com a aplicação do esforço normal excêntrico e se obtém o diagrama de momentos fletores totais para cada caso, conforme a Figura 37. A partir desta fase do processo, o procedimento é semelhante ao desenvolvido na primeira etapa, obtendo-se uma nova deformada para a barra em cada etapa, até que o processo seja concluído ou encerrado.

Considera-se que, para o caso da barra bi-apoiada, é mais conveniente a adoção da variação da flecha no centro da barra como critério de convergência, enquanto que em barras engastadas na base e livres no topo é mais interessante a adoção da variação da flecha no topo.

Para Loriggio (2009), uma das principais vantagens da analogia de Mohr é o fato de seu processo possibilitar uma visualização de sua convergência para o ponto em que o elemento esteja em equilíbrio, como está representado, para o caso em que se adota o deslocamento como critério de convergência, na Figura 38. Isto é muito importante, principalmente, para quem se inicia no estudo da instabilidade de pilares e para pessoas que tenham maior familiaridade com os procedimentos que permitem visualizações gráficas.

O procedimento de aplicação da analogia de Mohr desenvolvido nas etapas de programação está resumido no fluxograma da Figura 39.

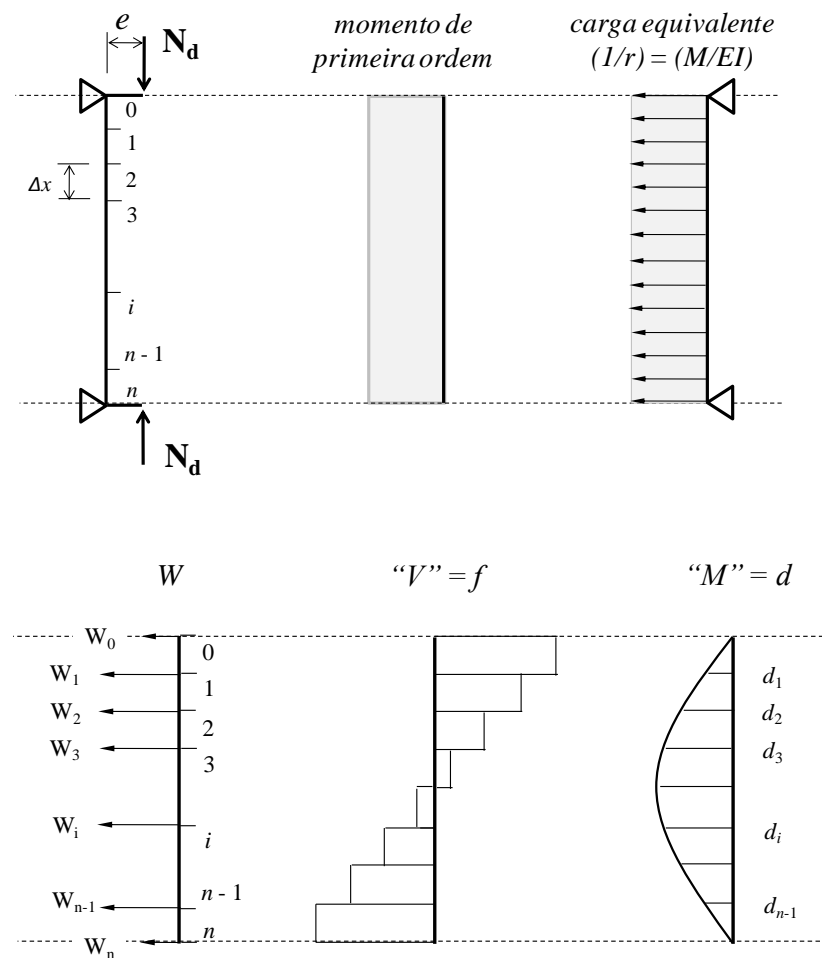


Figura 36: Primeira etapa da aplicação da analogia de Mohr a pilares bi-apoiados.

Fonte: LORIGGIO, 2009 (modificado).

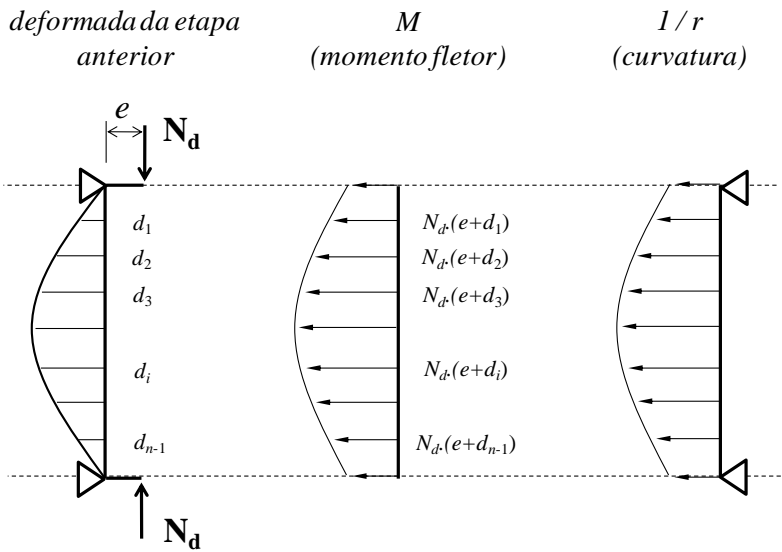


Figura 37: Início das etapas subsequentes na aplicação da analogia de Mohr a pilares bi-apoiados.

Fonte: LORIGGIO, 2009 (modificado).

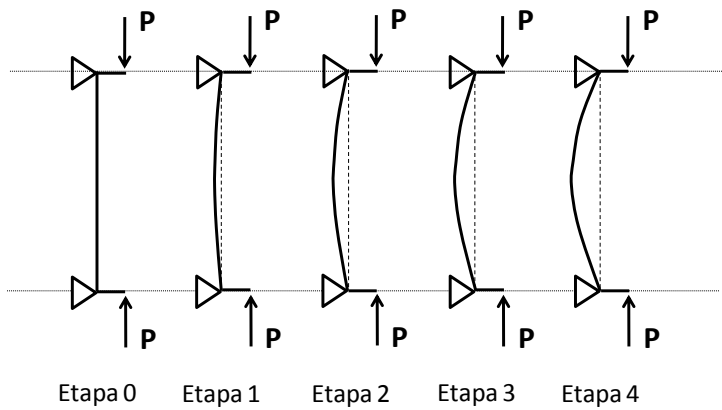


Figura 38: Ilustração do processo de convergência pela analogia de Mohr.

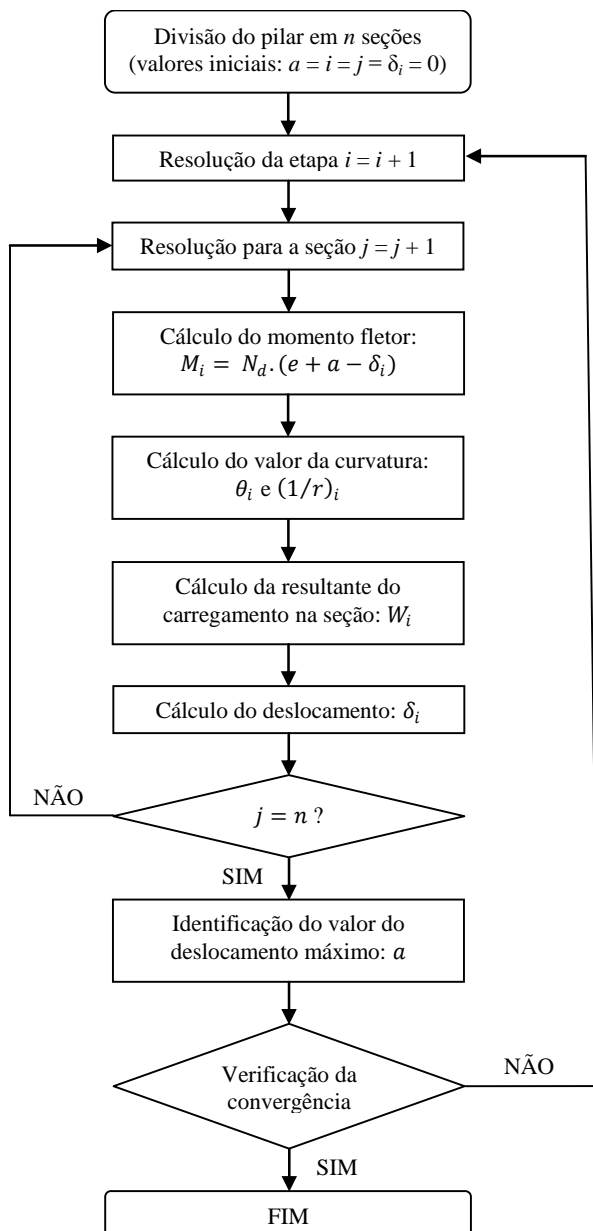


Figura 39: Fluxograma para programação da analogia de Mohr.

5.2.2 Método das Diferenças Finitas

O método das diferenças finitas aplicado ao cálculo das deformações em pilares se chama processo de Engesser-Vianello. Pode ser aplicado, basicamente, de três formas distintas. Neste trabalho, será realizada a sua aplicação sendo considerados a excentricidade inicial (e) e o esforço normal (N) constantes, variando-se o valor do deslocamento no topo do pilar (a) até que se obtenha o equilíbrio ou ocorra a ruptura do elemento, adotando-se para análise o pilar engastado na base e livre no topo. As outras duas formas de aplicação são, respectivamente, a resolução com a variação do esforço normal ou com a variação da excentricidade total, mantendo-se os demais parâmetros constantes (KETTERMANN, 2002; LORIGGIO, 2009). Ambos os processos podem apresentar vantagens e desvantagens, de acordo com os objetivos da análise. No entanto, no desenvolvimento do trabalho, adota-se apenas a primeira variante apresentada.

O método das diferenças finitas consiste em um processo meramente numérico e de interpretação física mais complexa que a analogia de Mohr, mas pode apresentar uma convergência mais rápida.

Neste método, também se divide o pilar em n seções que distam Δx entre si e os resultados obtidos são semelhantes aos resultados obtidos pela analogia de Mohr. No entanto, a sua aplicação se fundamenta na seguinte idéia: para um pilar engastado na base e livre no topo, no qual não se conhece o valor do deslocamento no topo do pilar, representado pela letra a , adota-se um valor qualquer para este deslocamento e determinam-se os deslocamentos ao longo de toda a altura do pilar, dados por $(a - y_i)$, para o sistema de eixos cartesianos posicionado conforme a Figura 40. Sabe-se que, para o deslocamento no topo do pilar, identificado pela seção n , deve-se obter $(a - y_n) = a$, donde y_n deve ser nulo ou, caso contrário, deve-se adotar outro valor para a , por tentativas, até que y_n seja efetivamente igual a zero.

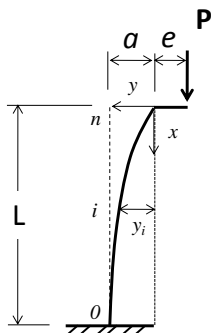


Figura 40: Ilustração da aplicação do método das diferenças finitas.

Desta forma, podem ser obtidos os deslocamentos em cada seção pelas fórmulas apresentadas a seguir, deduzidas a partir dos fundamentos do método das diferenças finitas.

Para o ponto inicial:

$$y_1 = y_0 - \frac{\Delta x^2}{2} \left(\frac{1}{r} \right)_0. \quad 5.7$$

Para os demais pontos:

$$y_{i+1} = 2y_i - y_{i-1} - \Delta x^2 \left(\frac{1}{r} \right)_i. \quad 5.8$$

Ademais, salienta-se que, no método das diferenças finitas, deve-se ter bastante cuidado para obter o ponto de equilíbrio estável, partindo-se sempre que possível da posição indeformada, ou seja, $a = 0$, fazendo-se $a_{(atual)} = a_{(anterior)} + \Delta a$ em cada etapa, até que se obtenha a convergência.

Bacarji (1993) apresenta o processo de aplicação do método das diferenças finitas, de forma detalhada, com os seguintes passos:

- divide-se o pilar em n trechos de comprimento $\Delta x = l/n$, onde l representa o comprimento total do pilar;
- arbitra-se um valor qualquer para a flecha no topo, representada por a , resultando em $y_0 = a$, donde y_0 é

definido pela Figura 40;

- c) calcula-se o momento fletor de segunda ordem no engaste (M_{2d}) por $M_{2d} = N_d a$;
- d) calcula-se o momento fletor total no engaste (M_d) pela expressão $M_d = M_{1d} + M_{2d} = N_d(e_i + a)$, onde $M_{1d} = N_d e_i$ é o momento de primeira ordem;
- e) a partir da relação momento-curvatura se obtém a curvatura $1/r$ correspondente ao momento fletor M_d ;
- f) usando-se a fórmula do método das diferenças finitas adequada ao caso, calcula-se o valor de y_i ;
- g) com o valor de y_i , repete-se o processo a partir do item c;
- h) chegando-se à seção do topo, verifica-se se $y_n = 0$ e, caso contrário, retorna-se ao item b e arbitra-se um novo valor para a flecha a .

O procedimento utilizado neste trabalho para a programação do método das diferenças finitas está representado no fluxograma da Figura 41.

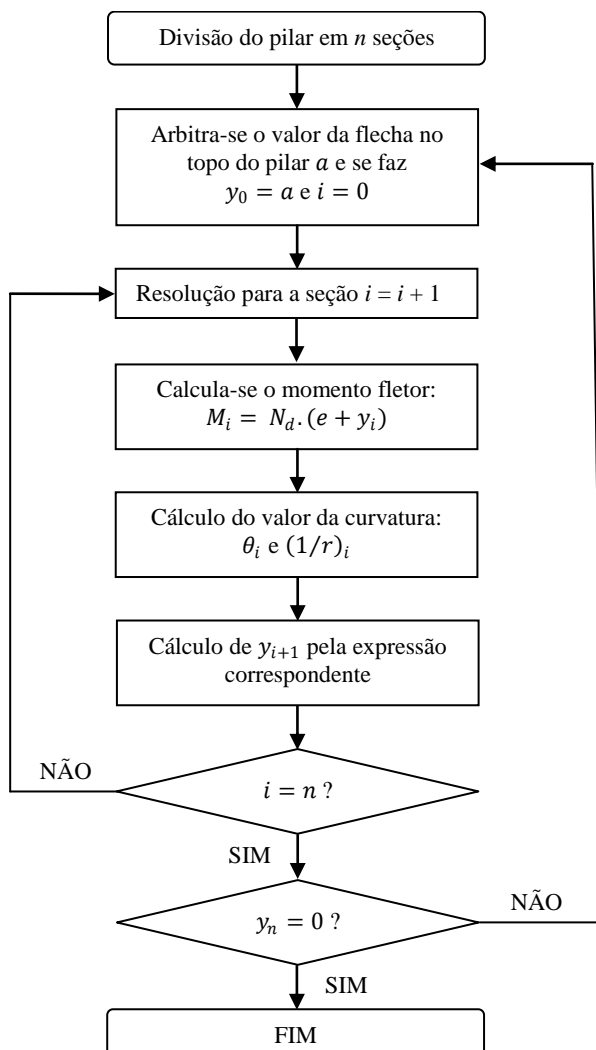


Figura 41: Fluxograma para programação do método das diferenças finitas.

5.3 Métodos aproximados

Neste item, serão apresentados alguns métodos aproximados para a determinação dos efeitos de segunda ordem, baseados na idéia do pilar-padrão, segundo a qual a capacidade de carga de um pilar em balanço pode ser determinada de forma aproximada se o deslocamento da extremidade for assumido como função de sua altura e da curvatura da base (AUFIERO, 1977). A hipótese básica desse método é a consideração da linha elástica da barra senoidal, conforme a expressão:

$$a = \frac{l_e^2}{10} \frac{1}{r}, \quad 5.9$$

onde:

a : flecha na extremidade livre;

l_e : comprimento equivalente do pilar;

$1/r$: curvatura da base.

5.3.1 Método do pilar-padrão com curvatura aproximada

O seu emprego é permitido apenas aos pilares curtos e moderadamente esbeltos, cujo $\lambda \leq 90$, para seção transversal constante e armadura simétrica e constante ao longo do seu eixo. A não-linearidade física é considerada por meio de uma expressão aproximada da curvatura na seção crítica e a não-linearidade geométrica é considerada supondo-se que a deformação da barra seja senoidal.

Segundo a ABNT NBR 6118: 2007, o momento total máximo no pilar ($M_{d,tot}$) deve ser obtido pela seguinte expressão:

$$M_{d,tot} = \alpha_b M_{1d,A} + N_d \frac{l_e^2}{10} \frac{1}{r} \geq M_{1d,A}. \quad 5.10$$

A curvatura na seção crítica pode ser avaliada pela expressão aproximada:

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{h(v+0,5)} \leq \frac{0,005}{h}, \quad 5.11$$

onde:

h : altura da seção transversal na direção considerada;

v : esforço normal adimensional, dado por:

$$v = \frac{N_d}{A_c f_{cd}} ; \quad 5.12$$

α_b : deve ser obtido conforme a Tabela 8;

$M_{1d,A}$: valor de cálculo de primeira ordem do momento M_A ,
devendo respeitar a relação:

$$M_{1d,A} \geq M_{1d,min} . \quad 5.13$$

Tabela 8: Determinação dos valores de α_b segundo a ABNT NBR 6118: 2007.

Pilares	Expressão	Intervalo de α_b
bi-apoiados sem cargas transversais ¹	$\alpha_b = 0,60 + 0,40 \frac{M_B}{M_A} \geq 0,40$	$0,4 \leq \alpha_b \leq 1,0$
bi-apoiados com cargas transversais significativas ao longo da altura	$\alpha_b = 1,0$	-
em balanço ²	$\alpha_b = 0,8 + 0,2 \frac{M_C}{M_A} \geq 0,85$	$0,85 \leq \alpha_b \leq 1,0$
bi-apoiados ou em balanço com momentos menores que o momento mínimo ³	$\alpha_b = 1,0$	-

¹ M_A é o maior valor absoluto entre os momentos de primeira ordem nos extremos do pilar e M_B é o valor do momento no outro extremo, sendo positivo se tracionar a mesma face que M_A e negativo em caso contrário.
² M_A é o momento de primeira ordem no engaste e M_C é o momento de primeira ordem no meio do pilar em balanço.
³ O momento mínimo deve ser calculado pela expressão: $M_{1d,min} = N_d(0,015 + 0,03h)$ onde h é a altura da seção transversal na direção considerada, com valor em metros.

5.3.2 Método do pilar-padrão com rigidez aproximada

A aplicação do método do pilar-padrão com rigidez aproximada é mais restrita que o método com curvatura aproximada, sendo permitido o seu emprego apenas em pilares com seção retangular constante, $\lambda \leq 90$ e armadura simétrica e constante ao longo do seu eixo. Neste caso, a não-linearidade física deve ser considerada por meio de uma expressão aproximada da rigidez.

Segundo a ABNT NBR 6118: 2007, o momento total máximo deve ser calculado da seguinte forma:

$$M_{d,tot} = \frac{\alpha_b M_{1d,A}}{1 - \frac{\lambda^2}{120\kappa/\nu}} \geq \left\{ M_{1d,A} \right\}. \quad 5.14$$

O valor aproximado da rigidez adimensional κ pode ser obtido pela expressão:

$$\kappa = 32 \left(1 + 5 \frac{M_{d,tot}}{h N_d} \right) \nu. \quad 5.15$$

As variáveis utilizadas neste método encontram-se definidas no item anterior, referente ao método do pilar-padrão com curvatura aproximada.

A resolução pelo método do pilar-padrão com rigidez aproximada, de acordo com a formulação apresentada acima, envolve um processo iterativo. No entanto, conforme IBRACON (2007) pode-se substituir a expressão 5.15 na expressão 5.14, reescrevendo-as sob a forma de uma única expressão, a qual torna possível o cálculo direto:

$$M_{d,tot} = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}, \quad 5.16$$

onde:

$$A = 5h, \quad 5.17$$

$$B = h^2 \cdot N_d - \frac{N_d \cdot l_e^2}{320} - 5h \cdot \alpha_b \cdot M_{1d,A}, \text{ e} \quad 5.18$$

$$C = -N_d \cdot h^2 \cdot \alpha_b \cdot M_{1d,A}. \quad 5.19$$

5.3.3 Método do pilar-padrão acoplado a diagramas de momento-curvatura

O método do pilar-padrão acoplado a diagramas de momento-curvatura pode ser aplicado a pilares com $\lambda \leq 140$ para a determinação dos esforços locais de segunda ordem, sendo que quando $\lambda > 90$ deve-se considerar obrigatoriamente os efeitos da fluência. Para tanto, deve-se utilizar para a curvatura da seção crítica o valor proveniente do diagrama momento-curvatura específico para o caso.

O procedimento é bastante simples, visto que se considera a hipótese de que o momento de segunda ordem varia linearmente com a curvatura da seção crítica considerada, sendo representado por uma reta. Partindo-se então do momento de primeira ordem, pode-se traçar uma reta paralela à reta do momento de segunda ordem e realizar a análise diretamente no gráfico, como está representado na Figura 42.

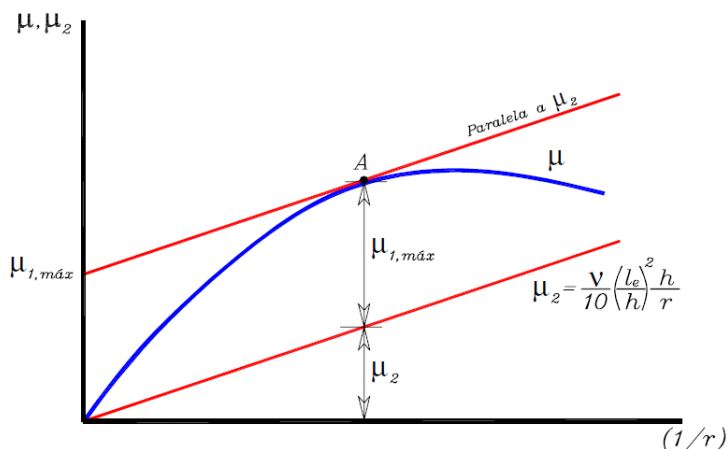


Figura 42: Aplicação do método do pilar-padrão acoplado ao diagrama de momento-curvatura.

Fonte: AGUIAR, 2000.

5.3.4 Método do pilar-padrão melhorado

Segundo Aguiar (2000), o método do pilar-padrão melhorado admite que apenas a componente de segunda ordem da linha elástica seja senoidal, sendo que a componente de primeira ordem passa a ser dependente da distribuição dos momentos de primeira ordem.

Desta forma, divide-se a curvatura da seção crítica do pilar em duas parcelas: a curvatura referente ao momento de primeira ordem $(1/r)_1$ e a curvatura referente ao momento de segunda ordem $(1/r)_2$, conforme a expressão:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{crit} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2, \quad 5.20$$

onde a curvatura referente ao momento fletor de primeira ordem é determinada com base na teoria elástica.

6 DESENVOLVIMENTO DAS PLANILHAS ELETRÔNICAS E DOS PROGRAMAS COMPUTACIONAIS

As ferramentas computacionais são de grande auxílio na análise estrutural e na confecção de projetos de engenharia. Neste trabalho, foram desenvolvidos planilhas eletrônicas e programas voltados para a construção de tabelas de momento-curvatura e para a determinação dos efeitos de segunda ordem.

Para a confecção das planilhas eletrônicas foi utilizado o software *Microsoft Excel 2007* e para a implementação dos programas foi utilizada a linguagem *REALbasic*, ambos na plataforma *Windows*. Contudo, salienta-se que o *REALbasic* apresenta a vantagem de ser multi-plataforma, ou seja, capaz de gerar programas para os sistemas operacionais *Windows*, *Macintosh* e *Linux*.

6.1 Planilhas eletrônicas

As planilhas eletrônicas do tipo *Excel* são bastante úteis para a confecção de tabelas e gráficos. Apresentam a possibilidade de utilizar funções de sua biblioteca e operações lógicas simples, diretamente nas células. Apesar de serem operações simples, apresentam uma enorme potencialidade quando conjugadas com a possibilidade de gerar macros, que são rotinas do VBA, anexas à planilha. VBA é a sigla de *Visual Basic for Applications*, ou seja, uma implementação do *Visual Basic* nos programas do pacote *Microsoft Office*. No *Excel*, esta implementação permite a automatização de vários procedimentos de cálculo, geralmente repetitivos, e possibilita a otimização das tabelas e gráficos gerados dentro da planilha.

Neste trabalho, o objetivo do desenvolvimento das planilhas é a verificação dos cálculos efetuados pelos programas desenvolvidos.

As planilhas eletrônicas apresentam diversas vantagens, tal como a apresentação dos resultados em tabelas que podem ser facilmente configuradas tanto por quem as desenvolve quanto pelo usuário das mesmas. Ademais, elas podem ser acessadas em qualquer computador que disponha do programa *Excel*, ou programa compatível, comum tanto no ambiente *Windows* quanto em outros sistemas operacionais. Por

outro lado, se o desenvolvedor da planilha desejar ocultar uma parte dela ou proteger células, para não serem modificadas acidentalmente, também é possível, inclusive com o uso de senha. Assim, o conteúdo das células protegidas torna-se inalterável por pessoas não autorizadas. Esta funcionalidade faz das planilhas uma boa opção para a execução de várias rotinas de cálculo muito utilizadas na engenharia.

As planilhas também possuem desvantagens e limitações. A impossibilidade de se obter a estruturação adequada de um programa é uma das principais desvantagens, pois se limita ao ambiente criado pela empresa que desenvolve a planilha. Dentre as limitações, também podem ser citadas o tamanho finito do ambiente gráfico, a partir do qual é necessária a divisão do conteúdo em planilhas separadas, e a limitação do número de comandos condicionais internos. Por estes motivos, em muitos casos, é interessante adotar uma alternativa mais ampla: a programação.

Uma das planilhas desenvolvidas para a construção do diagrama momento-curvatura é apresentada na Figura 43. Por meio desta planilha, determina-se a relação momento-curvatura para a variação da curvatura adimensional $\Delta\theta = 0,1$ para seção retangular em concreto armado com duas linhas de armadura em faces opostas. Entretanto, foram desenvolvidas outras planilhas para o cálculo com várias linhas de armadura, com a mesma precisão, com um número maior de colunas e maior cabeçalho para entrada dos dados da armadura.

Em geral, as planilhas possuem um cabeçalho para entrada dos dados e efetuam os cálculos por meio de um macro desenvolvido no VBA, construindo simultaneamente o diagrama correspondente à relação momento-curvatura, sendo possível ainda o cálculo subsequente dos efeitos de segunda ordem pelo método das diferenças finitas.

A planilha do método das diferenças finitas considera o pilar com 1000 (um mil) divisões e a variação da curvatura adimensional $\Delta\theta = 0,1$. À medida que se recalcula a relação momento-curvatura, os dados referentes à curvatura adimensional θ e ao momento fletor M são atualizados automaticamente nesta planilha. A Figura 44 apresenta a planilha correspondente ao método das diferenças finitas.

Microsoft Excel - 14.2.2

Arquivo Início Layout da Página Fórmulas Dados Referências Extensões

Planilha: 000

Kleyser Ribeiro
Engenheiro Civil
Florianópolis - 2009

ENTRADA DE DADOS:

6 Esforço normal de cálculo: **600** (kN)

7 Classe de Agressividade: **CA**

8 Colocamento nominal: **2.0**

9 Dados da armadura:
10 A_s (cm²): **8.00**
11 A_s (cm²): **8.00**
12 Bitola de aço (para maior): **16.0** (mm)
13 Φ (mm): **6.3**

14 Dimensões da seção:
15 b (cm): **50**
16 h (cm): **19**

17 Resistência do concreto:
18 f_{ck} (MPa): **30**
19 f_{ct} (MPa): **1.40**
20 f_{td} (MPa): **14.280**
21 σ_{ct} (N/mm²): **12.841** p/ 0.85
22 σ_{td} (N/mm²): **15.715** p/ 1.10

23 Relação d'/h : **0.381**
24 Esforço normal reduzido: **0.642**
25 Taxa mecânica de armadura: **0.513**

26 Cálculo da área de aço:
27 n barras: **8**
28 A_s (cm²): **16.00**

29 Resistência do aço:
30 f_{yk} (MPa): **500**
31 f_{yk} (MPa): **434.78**
32 σ_{sd} (N/mm²): **434.783**
33 E_s (N/mm²): **210000**
34 σ_{st} (%): **2.070**

35 Diagrama de momento-curvatura:

36 Tabela de resultados:

M (kN.m)	Φ (mm)
0.00	0.00
0.00	0.00
1.00	24.63
2.00	38.20
3.00	48.46
4.00	57.13
4.90	64.13

37 **PLANO DE VERIFICAÇÃO:** para 0.85

38 Tabela de verificação:

θ	x/h	x (cm)	ϵ_{sc} (%)	ϵ_{st} (%)	$\epsilon_{s/m}$ (%)	ϵ_{st} (%)	ϵ_{st} (%)	R_{cc} (kN)	R_{ss} (kN)	R_{st} (kN)	N (kN)	Z_g (cm)	M (kN.m)
0.0	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.2	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.4	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.6	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.7	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.8	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.9	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.0	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.2	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.3	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.4	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.5	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.6	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.7	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.8	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.9	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.1	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.2	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.3	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.4	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.5	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.6	0.0004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

39 Tabela de verificação:

Φ (mm)	Φ (mm)
0.0	0.00
0.1	0.00
0.2	0.00
0.3	0.00
0.4	0.00
0.5	0.00
0.6	0.00
0.7	0.00
0.8	0.00
0.9	0.00
1.0	0.00
1.1	0.00
1.2	0.00
1.3	0.00
1.4	0.00
1.5	0.00
1.6	0.00
1.7	0.00
1.8	0.00
1.9	0.00
2.0	0.00
2.1	0.00
2.2	0.00
2.3	0.00
2.4	0.00
2.5	0.00
2.6	0.00

40 Tabela de verificação:

Φ (mm)	Φ (mm)
0.0	0.00
0.1	0.00
0.2	0.00
0.3	0.00
0.4	0.00
0.5	0.00
0.6	0.00
0.7	0.00
0.8	0.00
0.9	0.00
1.0	0.00
1.1	0.00
1.2	0.00
1.3	0.00
1.4	0.00
1.5	0.00
1.6	0.00
1.7	0.00
1.8	0.00
1.9	0.00
2.0	0.00
2.1	0.00
2.2	0.00
2.3	0.00
2.4	0.00
2.5	0.00
2.6	0.00

41 Tabela de verificação:

Φ (mm)	Φ (mm)
0.0	0.00
0.1	0.00
0.2	0.00
0.3	0.00
0.4	0.00
0.5	0.00
0.6	0.00
0.7	0.00
0.8	0.00
0.9	0.00
1.0	0.00
1.1	0.00
1.2	0.00
1.3	0.00
1.4	0.00
1.5	0.00
1.6	0.00
1.7	0.00
1.8	0.00
1.9	0.00
2.0	0.00
2.1	0.00
2.2	0.00
2.3	0.00
2.4	0.00
2.5	0.00
2.6	0.00

42 Tabela de verificação:

Φ (mm)	Φ (mm)
0.0	0.00
0.1	0.00
0.2	0.00
0.3	0.00
0.4	0.00
0.5	0.00
0.6	0.00
0.7	0.00
0.8	0.00
0.9	0.00
1.0	0.00
1.1	0.00
1.2	0.00
1.3	0.00
1.4	0.00
1.5	0.00
1.6	0.00
1.7	0.00
1.8	0.00
1.9	0.00
2.0	0.00
2.1	0.00
2.2	0.00
2.3	0.00
2.4	0.00
2.5	0.00
2.6	0.00

43 Tabela de verificação:

Φ (mm)	Φ (mm)
0.0	0.00
0.1	0.00
0.2	0.00
0.3	0.00
0.4	0.00
0.5	0.00
0.6	0.00
0.7	0.00
0.8	0.00
0.9	0.00
1.0	0.00
1.1	0.00
1.2	0.00
1.3	0.00
1.4	0.00
1.5	0.00
1.6	0.00
1.7	0.00
1.8	0.00
1.9	0.00
2.0	0.00
2.1	0.00
2.2	0.00
2.3	0.00
2.4	0.00
2.5	0.00
2.6	0.00

44 Tabela de verificação:

Φ (mm)	Φ (mm)
0.0	0.00
0.1	0.00
0.2	0.00
0.3	0.00
0.4	0.00
0.5	0.00
0.6	0.00
0.7	0.00
0.8	0.00
0.9	0.00
1.0	0.00
1.1	0.00
1.2	0.00
1.3	0.00
1.4	0.00
1.5	0.00
1.6	0.00
1.7	0.00
1.8	0.00
1.9	0.00
2.0	0.00
2.1	0.00
2.2	0.00
2.3	0.00
2.4	0.00
2.5	0.00
2.6	0.00

45 Tabela de verificação:

Φ (mm)	Φ (mm)
0.0	0.00
0.1	0.00
0.2	0.00
0.3	0.00
0.4	0.00
0.5	0.00
0.6	0.00
0.7	0.00
0.8	0.00
0.9	0.00
1.0	0.00
1.1	0.00
1.2	0.00
1.3	0.00
1.4	0.00
1.5	0.00
1.6	0.00
1.7	0.00
1.8	0.00
1.9	0.00
2.0	0.00
2.1	0.00
2.2	0.00
2.3	0.00
2.4	0.00
2.5	0.00
2.6	0.00

46 Tabela de verificação:

Φ (mm)	Φ (mm)
0.0	0.00
0.1	0.00
0.2	0.00
0.3	0.00
0.4	0.00
0.5	0.00
0.6	0.00
0.7	0.00
0.8	0.00
0.9	0.00
1.0	0.00
1.1	0.00
1.2	0.00
1.3	0.00
1.4	0.00
1.5	0.00
1.6	0.00
1.7	0.00
1.8	0.00
1.9	0.00
2.0	0.00
2.1	0.00
2.2	0.00
2.3	0.00
2.4	0.00
2.5	0.00
2.6	0.00

47 Tabela de verificação:

Φ (mm)	Φ (mm)
0.0	0.00
0.1	0.00
0.2	0.00
0.3	0.00
0.4	0.00
0.5	0.00
0.6	0.00
0.7	0.00
0.8	0.00
0.9	0.00
1.0	0.00
1.1	0.00
1.2	0.00
1.3	0.00
1.4	0.00
1.5	0.00
1.6	0.00
1.7	0.00
1.8	0.00
1.9	0.00
2.0	0.00
2.1	0.00
2.2	0.00
2.3	0.00
2.4	0.00
2.5	0.00
2.6	0.00

48 Tabela de verificação:

Φ (mm)	Φ (mm)
0.0	0.00
0.1	0.00
0.2	0.00
0.3	0.00
0.4	0.00
0.5	0.00
0.6	0.00
0.7	0.00
0.8	0.00
0.9	0.00
1.0	0.00
1.1	0.00
1.2	0.00
1.3	0.00
1.4	0.00
1.5	0.00
1.6	0.00
1.7	0.00
1.8	0.00
1.9	0.00
2.0	0.00
2.1	0.00
2.2	0.00
2.3	0.00
2.4	0.00
2.5	0.00
2.6	0.00

49 Tabela de verificação:

Φ (mm)	Φ (mm)
0.0	0.00
0.1	0.00
0.2	0.00
0.3	0.00
0.4	0.00
0.5	0.00
0.6	0.00
0.7	0.00
0.8	0.00
0.9	0.00
1.0	0.00
1.1	0.00
1.2	0.00
1.3	0.00
1.4	0.00
1.5	0.00
1.6	0.00
1.7	0.00
1.8	0.00
1.9	0.00
2.0	0.00
2.1	0.00
2.2	0.00
2.3	0.00
2.4	0.00
2.5	0.00
2.6	0.00

50 Tabela de verificação:

Φ

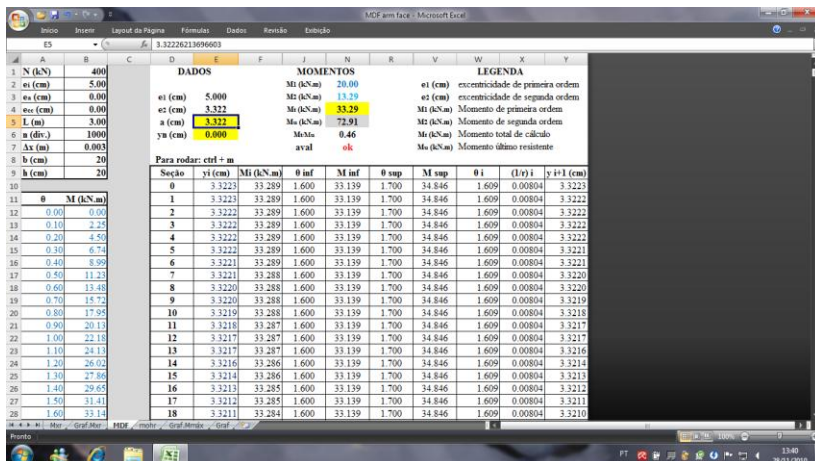


Figura 44: Planilha para cálculo dos efeitos de segunda ordem pelo método das diferenças finitas.

6.2 Programa PPAP-FCN

O programa desenvolvido para a execução do método geral denomina-se *Programa Para Análise de Pilares submetidos à Flexão Composta Normal (PPAP-FCN)*. Ele tem duas versões, uma delas para pilares com duas linhas de armadura em faces opostas, intitulada somente *PPAP-FCN*, e a outra versão para várias linhas de armadura, intitulada *PPAP-FCN Múltiplas Camadas*.

Este programa possibilita o cálculo da relação momento-curvatura para pilares de seção retangular em concreto armado e a determinação dos efeitos de segunda ordem pela analogia de Mohr e pelo método das diferenças finitas. O seu desenvolvimento visa auxiliar na confecção das tabelas e dos diagramas apresentados na dissertação, além da possibilidade de servirem de ferramenta em outros trabalhos a serem desenvolvidos no Grupo de Análise e Projeto de Estruturas da UFSC (GAP-UFSC).

O fluxograma apresentado na Figura 45 expõe a forma como o programa se encontra estruturado. Os fluxogramas relativos à determinação da relação momento-curvatura e à determinação dos

efeitos de segunda ordem se encontram junto à explanação teórica referente ao tema, nos Capítulos 4 e 5, respectivamente.

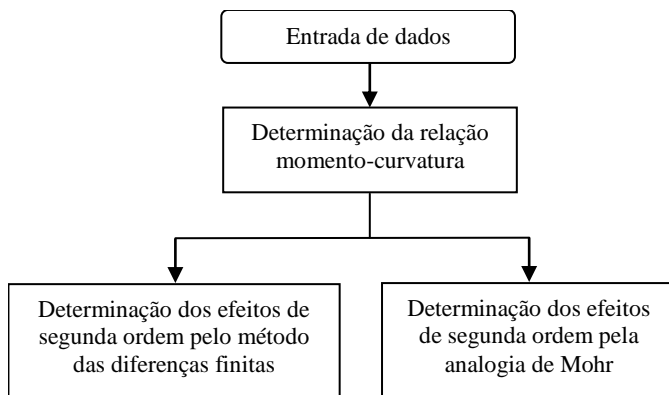


Figura 45: Estrutura do programa PPAP-FCN.

6.2.1 PPAP-FCN para duas linhas de armadura

Este programa possui várias janelas. A janela apresentada ao se abrir o programa é denominada janela principal e ostenta o nome do programa em seu título, conforme a Figura 46. Embora este programa resolva somente os casos com duas linhas de armadura, ele apresenta a vantagem de ter menos comandos que o programa para várias camadas e uma interface bastante simples quando se deseja verificar apenas uma direção que tenha duas linhas de armadura.

Figura 46: Janela principal do programa PPAP-FCN (versão para duas linhas de armadura).

6.2.2 PPAP-FCN Múltiplas Camadas

O programa *PPAP-FCN Múltiplas Camadas* apresenta a possibilidade de entrada de dados via arquivo de texto, além da possibilidade de alteração dos coeficientes de segurança do concreto e do aço, dos coeficientes referentes às curvas da relação momento-curvatura e dos limites de deformação dos materiais. Portanto, é um programa que possibilita a alteração dos valores normativos e a realização de inúmeras análises adicionais, além das apresentadas neste trabalho. A janela principal, apresentada na abertura do programa, está representada na Figura 47. Todas as demais janelas são auxiliares e se reportam à janela principal, na qual são inseridos os dados fundamentais para a resolução dos problemas.

A entrada de dados do programa pode ocorrer por digitação direta no campo de entrada referente à variável ou por meio de um arquivo de texto na extensão *.txt*. Para o caso de três ou mais linhas de armadura, a entrada dos dados da armadura é possível somente via arquivo de texto, sendo que os demais dados podem ser inseridos de ambas as formas.

Figura 47: Janela principal do programa PPAP-FCN Múltiplas Camadas.

Para entrada da armadura via arquivo de texto é necessário ter o arquivo salvo em uma pasta do computador ou escrevê-lo e salvá-lo, obedecendo ao formato abaixo.

Número de camadas (i)

NB 10.0, NB 12.5, NB 16.0, NB 20.0, NB 25.0, NB 32.0, d(i)

Onde:

NB: número de barras da bitola citada em milímetros;

d(i): distância do CG da armadura da camada à borda mais comprimida da seção.

Deve-se estar ciente de que o separador decimal usado no programa é o ponto. A vírgula é usada para separar dois dados distintos.

Apresenta-se o arquivo de texto a seguir, como exemplo, para o caso de quatro camadas, igualmente espaçadas, com duas bitolas de 12,5 mm cada, numa seção 20 cm x 45 cm e com $d' = 3,0$ cm.

4
0, 2, 0, 0, 0, 0, 3
0, 2, 0, 0, 0, 0, 16
0, 2, 0, 0, 0, 0, 29
0, 2, 0, 0, 0, 0, 42

Na janela principal do programa, realiza-se o procedimento descrito abaixo, para a leitura dos dados da armadura.

Menu Opções
 > *Entrada de Armadura*
 > *via arquivo*
 > *por bitola*
 > *Janela Abrir*
 > *arquivo txt*

A segunda opção de entrada de armadura via arquivo de texto corresponde à entrada direta da área da seção transversal de aço por linha de armadura, da forma descrita abaixo.

Número de camadas (i)
Área de aço, d(i)

6.3 Programa GAP-PAPilar

O objetivo do programa *GAP-PAPilar* é gerar tabelas de interação com parâmetros adimensionais para pilares de seção retangular em concreto armado com várias linhas de armadura. Este programa resolve os pilares de seção retangular, submetidos à flexo-compressão normal, utilizando rotinas de momento-curvatura e analogia de Mohr, com algoritmos de programação semelhantes aos algoritmos do programa *PPAP-FCN*. O processamento interno do programa ocorre conforme o fluxograma da Figura 48.

Desta forma, o programa *GAP-PAPilar* calcula cada valor referente ao momento fletor adimensional e gera automaticamente a tabela de interação no campo denominado *Apresentação de Resultados*, sendo necessário apenas que o usuário aperte o botão *Entrada*, na janela principal, e insira os dados corretamente. A janela principal do programa está representada na Figura 49.

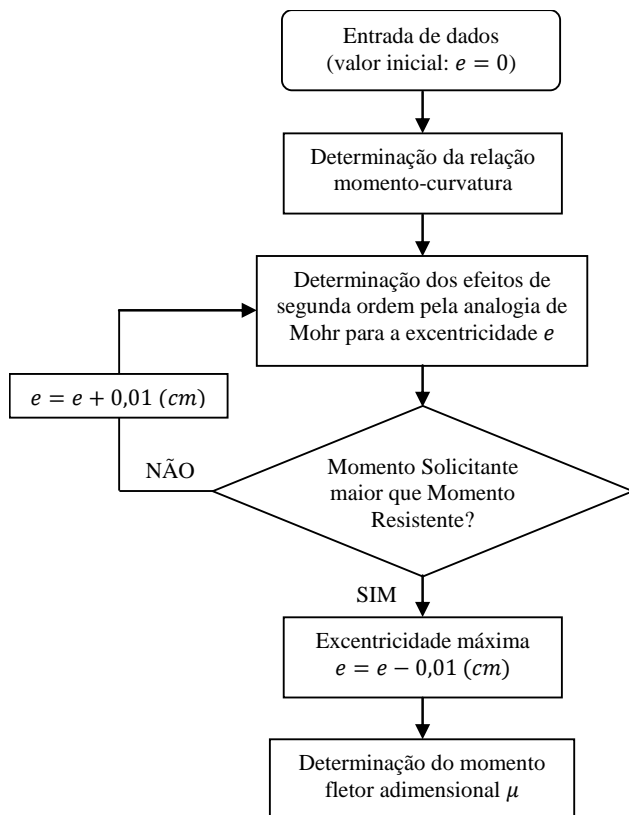


Figura 48: Estrutura do programa GAP-PAPilar.

Apresenta-se, abaixo, um exemplo de arquivo de texto para entrada de dados no programa *GAP-PAPilar*.

3,2
2,18
0.660,0.660
1.315,1.315
1.970,1.970
2
0
57

GAP-PAPilar tabelas

Menu Sobre

Dados Principais

L (m) 0.00

b (cm) 20

h (cm) 20

l_e / h 0

λ (esbeltez) 0.000

Relação d'/h 0.000

Status

Dados para M-N-1/r

f_{ck} (MPa) 20

f_{yk} (MPa) 500

E_s (GPa) 210

f_{cd} (MPa) 14.286

f_{yd} (MPa) 434.783

σ_{cd} CURVA 1 12142.9

σ_{cd} CURVA 2 15714.3

σ_{sd} (kN/m²) 434782.6

ϵ_{yd} (‰) 2.070

Apresentação de Resultados

Entrada Apagar

GAP-PAPilar: Programa para Análise de Pilares

ESTRUTURAS

Desenvolvido por:
Kleyser Ribeiro
Daniel D. Loriggio

Sair

Figura 49: Janela principal do programa GAP-PAPilar.

Deste arquivo de texto, por exemplo, o programa retira as seguintes informações: o pilar de seção retangular em concreto armado deve ser resolvido para *três* níveis diferentes de taxa mecânica de armadura com *duas* linhas de armadura cada um, indicando-se que as distâncias do CG da armadura até a face mais comprimida da seção são iguais a 2 e 18 cm, respectivamente. O primeiro nível de taxa mecânica de armadura apresenta tanto na primeira como na segunda linha de armadura $0,660 \text{ cm}^2$ de aço, enquanto que o segundo nível apresenta $1,315 \text{ cm}^2$ e o terceiro nível apresenta $1,970 \text{ cm}^2$. Estas combinações de armadura devem ser resolvidas para *dois* níveis diferentes de esforço normal, que apresentam esforços normais de cálculo iguais a 0 e 57 kN.

Após a entrada dos dados, o programa gera a tabela correspondente no campo denominado *Apresentação de Resultados* e permite que esta tabela seja exportada para o software *Microsoft Excel*.

7 DESENVOLVIMENTO DAS TABELAS E DOS DIAGRAMAS

No desenvolvimento de tabelas e diagramas de interação, nos quais se relacionam esforço normal e momento fletor, deve-se adotar um arranjo para a armadura da seção transversal. A Figura 50 apresenta as formas de distribuição das barras da armadura longitudinal para as quais foram construídos as tabelas e os diagramas de interação apresentados no anexo do trabalho.

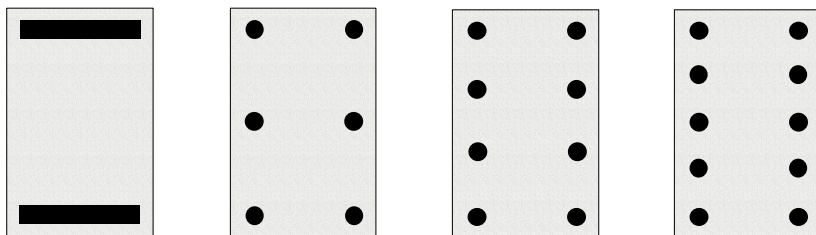


Figura 50: Disposições de armadura na seção transversal de um pilar.

7.1 Esforço normal e momento fletor adimensionais

Para a construção das tabelas e dos diagramas de interação é mais conveniente trabalhar com grandezas adimensionais, ou seja, esforço normal adimensional e momento fletor adimensional.

Neste trabalho, adotam-se as expressões apresentadas abaixo, para o esforço normal adimensional (ν_d) e para o momento fletor adimensional (μ_d), respectivamente:

$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b h} \text{ (esforço normal adimensional) e} \quad 7.1$$

$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b h^2} \text{ (momento fletor adimensional).} \quad 7.2$$

Os dois parâmetros adimensionais podem ser relacionados pela seguinte expressão:

$$\mu_d = v_d \cdot \frac{e}{h}. \quad 7.3$$

7.2 Construção dos diagramas de interação

Os diagramas de interação apresentam curvas e, normalmente, são semelhantes à Figura 51, onde aparece o parâmetro ω , denominado taxa mecânica de armadura. Convencionalmente, a sua confecção consiste na plotagem, em um sistema de eixos cartesianos, de pares de esforços solicitantes adimensionais (v_d e μ_d) que levam a seção à ruína por esgotamento da capacidade portante da seção transversal. Contudo, neste trabalho, a sua confecção consiste na plotagem de pares de esforços que conduzam o pilar a um dos estados limites últimos, seja por ruptura da seção ou por instabilidade do equilíbrio.

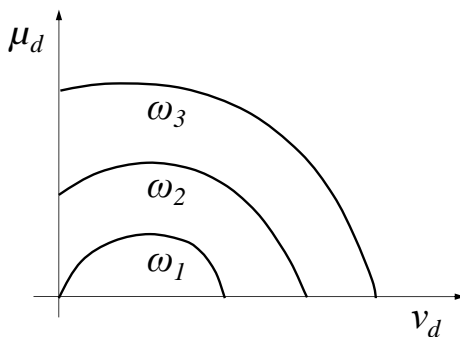


Figura 51: Representação genérica de um diagrama de interação.

Nos diagramas de interação construídos de acordo com a Figura 51, os pontos situados sobre o eixo das abscissas ($\mu_d = 0$) representam a resistência da seção à compressão simples e os pontos situados sobre o

eixo das ordenadas ($v_d = 0$) representam a resistência da seção à flexão simples.

A taxa mecânica de armadura pode ser obtida pela seguinte expressão:

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{f_{cd} b h}. \quad 7.4$$

Salienta-se que é bastante comum a obtenção da taxa mecânica de armadura por meio de tabelas ou de diagramas e, a partir de seu valor, calcula-se a armadura necessária para a respectiva combinação de esforço normal e momento fletor adimensionais. Logo, a expressão pode ser reescrita da seguinte forma:

$$A_s = \frac{\omega f_{cd} b h}{f_{yd}}. \quad 7.5$$

O valor da taxa mecânica de armadura também possibilita a determinação direta da taxa geométrica de armadura pela expressão:

$$\rho_l = \omega \frac{f_{cd}}{f_{yd}}, \quad 7.6$$

onde f_{cd} é a resistência de cálculo do concreto à compressão e f_{yd} é a resistência de cálculo ao escoamento do aço.

7.3 Índice de esbeltez

As tabelas e os diagramas confeccionados estão organizados de acordo com o índice de esbeltez (λ) do elemento, pelo fato de também ser um parâmetro adimensional. Denomina-se índice de esbeltez de uma barra ao quociente entre o comprimento equivalente (l_e) e o raio de giração (i):

$$\lambda = \frac{l_e}{i}. \quad 7.7$$

O comprimento equivalente, ou comprimento de flambagem, é representado pelo símbolo l_e . Seu valor diz respeito a um comprimento fictício utilizado na determinação da esbeltez do elemento, variando em

função do comprimento real da barra e das suas condições de vinculação. Os principais tipos de vinculação são apresentados na Figura 52.

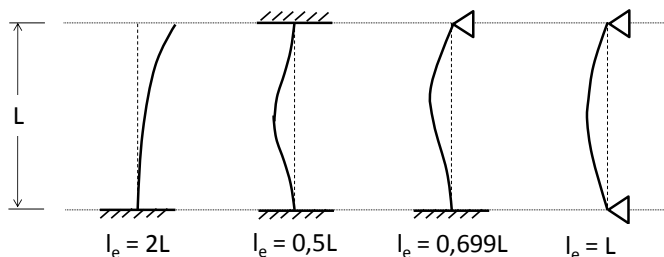


Figura 52: Comprimento de flambagem para vinculações usuais.

O raio de giração (i) é obtido pela raiz quadrada do quociente entre o momento de inércia (I) e a área da seção transversal (A):

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}. \quad 7.8$$

Para a seção retangular, de base b e altura h , pode-se calcular o momento de inércia (I) e a área da seção transversal (A) pelas seguintes expressões:

$$I = \frac{bh^3}{12}, \text{ e} \quad 7.9$$

$$A = bh. \quad 7.10$$

Substituindo as expressões 7.9 e 7.10 na expressão 7.8 pode-se obter o raio de giração em função apenas da altura da seção transversal (h), conforme demonstrado na expressão:

$$i = \sqrt{\frac{bh^3}{12} \cdot \frac{1}{bh}} = \sqrt{\frac{h^2}{12}} = \frac{h}{\sqrt{12}}. \quad 7.11$$

Por fim, substituindo a expressão 7.11 na expressão 7.7 é obtida a expressão 7.12, utilizada para o cálculo do índice de esbeltez (λ) de elementos com seção retangular, em função do comprimento equivalente (l_e) e da altura da seção transversal (h):

$$\lambda = \sqrt{12} \cdot \frac{l_e}{h}. \quad 7.12$$

Pode-se verificar que o valor do índice de esbeltez é obtido pelo produto entre um coeficiente que considera a geometria da seção transversal e a relação l_e/h . Chamando-se o coeficiente de c , cujo valor é igual a $\sqrt{12}$ para a seção retangular, apresenta-se a equação sob a forma geral:

$$\lambda = c \cdot \frac{l_e}{h}. \quad 7.13$$

É importante salientar que a relação l_e/h também representa um parâmetro de esbeltez, tendo sido utilizada na dissertação de Kettermann (2002).

7.4 Tabelas e diagramas de interação

As tabelas e os diagramas gerados com o auxílio do programa *GAP-PAPilar*, apresentado no capítulo anterior, estão organizadas de acordo com a disposição das barras da armadura, para as disposições apresentadas na Figura 50. Portanto, consideram-se seções transversais com duas, três, quatro e cinco linhas de armadura.

Para cada disposição da armadura são apresentadas relações d'/h que englobam a maioria das situações usuais em projetos de edifícios, variando-se entre $(d'/h) = 0,05$ e $(d'/h) = 0,30$, conforme cada disposição de armadura.

Para cada relação d'/h apresentam-se quatro valores para o índice de esbeltez. São eles: $\lambda = 0$, $\lambda = 30$, $\lambda = 60$ e $\lambda = 90$, sendo que a escolha destes valores resulta da análise da variação dos resultados conforme a variação do índice de esbeltez.

Para os valores do esforço normal adimensional, foi considerada a variação de ν entre 0 e 2,5 e para a taxa mecânica de armadura, foi considerada a variação de ω entre 0 e 3,0. Os valores do momento fletor

adimensional μ resultaram das combinações de pontos correspondentes a um valor para ν e outro para ω . Desta forma, foram construídas as tabelas, relacionando ν e ω e obtendo-se como resultado valores para μ , provenientes do processamento interno do programa. A partir das tabelas, foram construídos os diagramas, com o auxílio do programa *Microsoft Excel*. Os diagramas apresentam no eixo das abcissas o esforço normal adimensional e no eixo das ordenadas o momento fletor adimensional, representando-se sob a forma de curvas o valor da taxa mecânica de armadura. As tabelas e os diagramas são apresentados no anexo do trabalho.

7.5 Comentários sobre fórmulas aproximadas de dimensionamento

Visando-se reduzir a possibilidade de erro devido ao processo de interpolação, alguns autores propõem fórmulas aproximadas de dimensionamento que visam substituir as tabelas e os diagramas de interação. No entanto, estas fórmulas aproximadas existem apenas para alguns casos específicos e representam apenas a capacidade resistente da seção transversal. De acordo com Araújo (2003), tais fórmulas fornecem resultados aproximados para o dimensionamento à flexo-compressão normal, procurando representar os diagramas de interação por meio de uma equação simples. Como exemplo, Araújo (2003) apresenta as fórmulas válidas para seções retangulares com duas linhas de armadura:

$$\nu \leq 1 \rightarrow \mu = (0,5 - \delta)\beta\omega + 0,468\nu(1 - \nu), \text{ e} \quad 7.14$$

$$\nu > 1 \rightarrow \mu = (0,5 - \delta)\beta(\omega + 1 - \nu); \quad 7.15$$

onde:

$$\delta = \frac{d'}{h}. \quad 7.16$$

O coeficiente β pode ser obtido por interpolação linear entre os valores dados na Tabela 9.

Tabela 9: Valores de β .

ν	0	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	≥ 1.0
β	1.00	1.00	0.93	0.88	0.88	0.90	0.93

Fonte: ARAÚJO, 2003.

Com a finalidade de demonstrar a validade destas fórmulas, apresenta-se a Figura 53. Na figura, as linhas cheias correspondem às curvas obtidas com o processo exato e as linhas tracejadas correspondem às fórmulas aproximadas, e pode-se concluir que estas fórmulas aproximadas proporcionam excelentes resultados. No entanto, elas são válidas somente para seção retangular com duas camadas de armadura e referem-se apenas à ruptura da seção transversal ($\lambda = 0$). Por analogia, seria possível prever a possibilidade de que fossem desenvolvidas fórmulas que também considerassem a esbeltez dos elementos, por meio das várias tabelas e diagramas desenvolvidos neste trabalho.

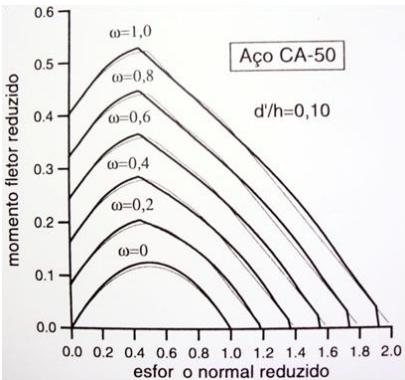


Figura 53: Demonstração da validade dos resultados obtidos com as fórmulas aproximadas de dimensionamento.
Fonte: ARAÚJO, 2003.

7.6 Comentários sobre a disposição das barras

A disposição adequada das barras pode tornar o dimensionamento mais econômico, reduzindo o consumo de aço para que se garantam os itens indispensáveis em projeto: segurança, desempenho em serviço e durabilidade.

Araújo (2003) afirma que para o caso de uma seção submetida à flexo-compressão normal, a solução ideal consiste em uma disposição assimétrica das armaduras. No entanto, seria necessária a certeza absoluta do sentido de atuação do momento fletor, além de rígido controle em obra para a distribuição correta da armadura em cada elemento. A inversão na disposição das barras poderia gerar problemas gravíssimos à estrutura. Por este motivo, considera-se mais adequado o uso de armadura simétrica nos pilares.

A Figura 54 apresenta curvas de interação para taxa mecânica de armadura $\omega = 0,5$. Na seção retangular, varia-se a disposição das barras de aço entre duas a seis linhas de armadura, sendo que todas possuem duas barras por camada.

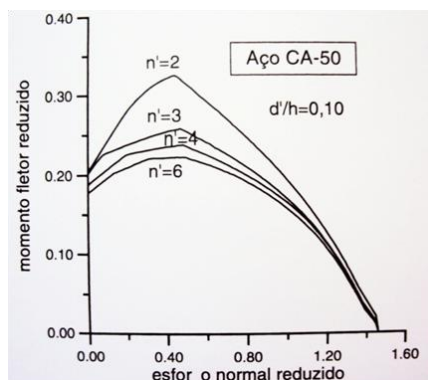


Figura 54: Influência do número de linhas de armadura na capacidade resistente.
Fonte: ARAÚJO, 2003.

Por meio desta comparação, obteve-se a conclusão de que a seção com apenas duas linhas de armadura ($n' = 2$), ou duas camadas (na

linguagem usual para pilares), fornece o maior momento resistente, sendo que quanto maior é o número de linhas adotado diminui a capacidade resistente da seção.

A redução da capacidade resistente decorre da redução dos braços de alavanca dos momentos fletores provenientes das forças resultantes da armadura, quando se adotam linhas intermediárias para a distribuição das barras na seção transversal, mantendo-se a taxa mecânica de armadura constante.

Obviamente, na maioria das vezes, é necessária a utilização de mais de duas linhas de armadura em uma das direções, devido ao fato do projeto de um pilar retangular exigir a verificação nas duas direções principais. Em outras palavras, na direção crítica podem ser adotadas duas linhas de armadura, com várias barras em cada uma delas, o que resultará na disposição em várias linhas quando for feita a verificação na outra direção.

8 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Neste capítulo da dissertação, serão apresentados exemplos e análises comparativas, utilizando-se as planilhas eletrônicas, os programas computacionais, as tabelas e os diagramas desenvolvidos no decorrer do trabalho.

8.1 Exemplo de dimensionamento

Para exemplificar a utilização das tabelas e dos diagramas de interação será utilizado um exemplo apresentado no artigo Pilares, dos comentários técnicos e exemplos de aplicação da NB-1, publicado pelo IBRACON (2007). Pretende-se ainda comparar os resultados obtidos pelas tabelas e pelos diagramas aos resultados obtidos pelo método do pilar-padrão com rigidez aproximada. Ao final, realizam-se verificações com a utilização das planilhas eletrônicas e do programa *PPAP-FCN*.

O pilar considerado apresenta seção transversal retangular $20\text{ cm} \times 60\text{ cm}$, sendo considerado bi-apoiado com comprimento equivalente $l_e = 300\text{ cm}$ e submetido ao esforço normal de cálculo $N_d = 2100\text{ kN}$, conforme a Figura 55. Considera-se o concreto com resistência característica à compressão $f_{ck} = 30\text{ MPa}$, o cobrimento da armadura igual a 30 mm e o diâmetro da armadura transversal igual a $6,3\text{ mm}$. O aço utilizado é o aço CA-50 com resistência característica ao escoamento $f_{yk} = 500\text{ MPa}$ e módulo de elasticidade longitudinal $E = 210\text{ GPa}$. Considera-se o pilar submetido aos momentos mínimos de primeira ordem, determinados conforme a ABNT NBR 6118: 2007.

Neste item, será realizado o dimensionamento somente para a direção mais crítica do pilar, ou seja, para aquela que apresenta o maior índice de esbeltez.

Desta forma, dá-se início ao processo de dimensionamento pela determinação do índice de esbeltez nas duas direções principais.

$$\text{Para } h = 20\text{ cm: } \lambda = \sqrt{12} \cdot \frac{l_e}{h} = \sqrt{12} \cdot \frac{300}{20} = 51,96. \quad 8.1$$

$$\text{Para } h = 60 \text{ cm: } \lambda = \sqrt{12} \cdot \frac{l_e}{h} = \sqrt{12} \cdot \frac{300}{60} = 17,32. \quad 8.2$$

Portanto, será considerada a direção que tem por base a dimensão de 60 cm e por altura a dimensão de 20 cm.

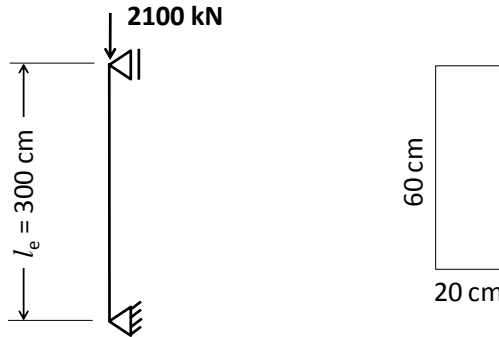


Figura 55: Representação do pilar e da seção transversal do exemplo de dimensionamento.

Determina-se o momento mínimo de primeira ordem:

$$M_{1d,min} = N_d(0,015 + 0,03h) = 2100 \cdot (0,015 + 0,03 \cdot 0,20) \\ \therefore M_{1d,min} = 44,1 \text{ kN.m} . \quad 8.3$$

Verifica-se a possibilidade de serem desprezados os efeitos de segunda ordem por meio do parâmetro λ_1 :

$$\lambda_1 = \frac{25+12,5\left(\frac{e_{1,min}}{h}\right)}{\alpha_b} = \frac{25+12,5\left(\frac{M_{1d,min}/N_d}{h}\right)}{\alpha_b} = \frac{25+12,5\left(\frac{44,1 \times 10^2 / 2100}{20}\right)}{1,0} \\ \lambda_1 = 26,31 < 35 \therefore \lambda_1 = 35 \quad 8.4$$

Onde se obteve $\alpha_b = 1,0$ pela Tabela 8.

Como foi encontrado $\lambda > \lambda_1$ verifica-se a necessidade de considerar os efeitos locais de segunda ordem.

A partir dos dados da seção transversal, apresentados no enunciado, pode-se calcular o valor da relação d'/h , considerando-se o cobrimento $c = 30 \text{ mm}$, a armadura transversal $\varphi_e = 6,3 \text{ mm}$ de diâmetro e a armadura longitudinal $\varphi_l = 20,0 \text{ mm}$ de diâmetro, conforme foi utilizado no exemplo do IBRACON (2007):

$$d' = c + \varphi_e + \frac{\varphi_l}{2} = 30 + 6,3 + \frac{20,0}{2} = 46,3 \text{ mm} = 4,63 \text{ cm} . \quad 8.5$$

Portanto:

$$\frac{d'}{h} = \frac{4,63}{20} = 0,2315 . \quad 8.6$$

Deve ser obtido também o valor do esforço normal adimensional:

$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = \frac{2100000}{\left(\frac{30}{1,4}\right) \cdot 600 \cdot 200} = 0,8167 . \quad 8.7$$

Com os dados calculados acima, podem ser aplicados as tabelas e os diagramas de interação, ou também os métodos aproximados, para a determinação da área de aço necessária.

8.1.1 Resolução pelas tabelas de interação

Para o dimensionamento pelas tabelas de interação deve-se obter o valor do momento fletor adimensional de primeira ordem:

$$\mu_{1d} = \frac{M_{1d}}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2} = \frac{44,1 \times 10^6}{\left(\frac{30}{1,4}\right) \cdot 600 \cdot 200^2} = 0,08575 . \quad 8.8$$

Por fim, sabendo-se que $\frac{d'}{h} = 0,2315$, $\lambda = 51,96$, $v_d = 0,8167$ e $\mu_d = 0,08575$, pode-se obter o valor da taxa mecânica de armadura, utilizando-se as tabelas para duas linhas de armadura, com $\frac{d'}{h} = 0,20$ e $\frac{d'}{h} = 0,25$, com $\lambda = 30$ e $\lambda = 60$, realizando-se as interpolações necessárias.

A leitura de todos os dados nas tabelas e a respectiva interpolação dos valores se dá da seguinte forma: toma-se a tabela correspondente ao

caso, como, por exemplo, a tabela para duas linhas de armadura, $\frac{d'}{h} = 0,20$ e $\lambda = 30$, apresentada parcialmente na Figura 56. Visualiza-se entre quais valores se encontra o esforço normal adimensional ($v_d = 0,8167$) e encontra-se nas linhas correspondentes ao valor inferior e ao valor superior a v_d um par de valores que deve apresentar um valor interpolado menor e outro valor interpolado maior que o valor do momento fletor adimensional ($\mu_d = 0,08575$), o que pode ser identificado sem a necessidade de cálculos prévios, para a maioria dos casos.

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$
$v = 0.0$	0.000	0.041	0.075	0.106	0.136	0.166	0.196	0.226	0.256
$v = 0.1$	0.039	0.072	0.102	0.132	0.162	0.191	0.220	0.250	0.279
$v = 0.2$	0.069	0.097	0.125	0.154	0.183	0.212	0.241	0.270	0.299
$v = 0.3$	0.088	0.113	0.141	0.169	0.198	0.227	0.257	0.286	0.316
$v = 0.4$	0.096	0.117	0.141	0.166	0.193	0.221	0.250	0.279	0.308
$v = 0.5$	0.091	0.111	0.132	0.154	0.178	0.204	0.230	0.257	0.285
$v = 0.6$	0.074	0.098	0.119	0.141	0.163	0.186	0.211	0.237	0.263
$v = 0.7$	0.047	0.075	0.100	0.123	0.146	0.169	0.192	0.217	0.242
$v = 0.8$	0.015	0.045	0.074	0.100	0.125	0.149	0.173	0.197	0.221
$v = 0.9$		0.014	0.043	0.072	0.100	0.126	0.151	0.175	0.199
$v = 1.0$			0.013	0.041	0.070	0.099	0.126	0.152	0.177
$v = 1.1$				0.012	0.040	0.068	0.097	0.125	0.151
$v = 1.2$					0.012	0.038	0.067	0.095	0.124
$v = 1.3$						0.012	0.038	0.065	0.093
$v = 1.4$							0.011	0.037	0.064
$v = 1.5$								0.011	0.036
$v = 1.6$									0.010
$v = 1.7$									
$v = 1.8$									

Figura 56: Demonstração da interpolação na tabela de interação.

Selecionados os quatro valores, entre os quais se encontram o esforço normal adimensional e o momento fletor adimensional calculados, basta realizar a interpolação linear e se obtém a taxa mecânica de armadura:

$$\frac{(\mu_i - 0,074)}{(0,043 - 0,074)} = \frac{(0,8167 - 0,8)}{(0,9 - 0,8)} \rightarrow \mu_i = 0,06882, \quad 8.9$$

$$\frac{(\mu_j - 0,100)}{(0,072 - 0,100)} = \frac{(0,8167 - 0,8)}{(0,9 - 0,8)} \rightarrow \mu_j = 0,09532 \text{ e, finalmente,} \quad 8.10$$

$$\frac{(\omega-0,2)}{(0,3-0,2)} = \frac{(0,08575-0,06882)}{(0,09532-0,06882)} \rightarrow \omega = 0,2639 . \quad 8.11$$

Para as demais tabelas, o processo é idêntico, sendo que, a partir deste ponto do trabalho, serão apresentados apenas os resultados.

Para $\frac{d'}{h} = 0,20$ e $\lambda = 30$, encontra-se $\omega = 0,2639$.

Para $\frac{d'}{h} = 0,20$ e $\lambda = 60$, encontra-se $\omega = 0,4305$.

Para $\frac{d'}{h} = 0,25$ e $\lambda = 30$, encontra-se $\omega = 0,2835$.

Para $\frac{d'}{h} = 0,25$ e $\lambda = 60$, encontra-se $\omega = 0,5080$.

Realizando-se a interpolação linear, entre os valores obtidos, encontra-se $\omega \cong 0,4249$.

Pode-se, então, determinar a armadura mínima necessária para resistir aos esforços:

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}} = \frac{0,4249 \cdot \left(\frac{30}{1,4}\right) \cdot 600 \cdot 200}{\left(\frac{500}{1,15}\right)} = 2513 \text{ mm}^2 . \quad 8.12$$

Logo, a armadura mínima necessária, considerando-se a verificação dos estados limites últimos de ruptura e de instabilidade, é $A_s = 25,13 \text{ cm}^2$. Portanto, são necessárias oito barras de $20,0 \text{ mm}$ de diâmetro, ou seja, quatro barras por linha de armadura.

8.1.2 Resolução pelos diagramas de interação

Na resolução pelos diagramas de interação, deve-se determinar também o momento fletor adimensional de primeira ordem:

$$\mu_{1d} = \frac{M_{1d}}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2} = \frac{44,1 \times 10^6}{\left(\frac{30}{1,4}\right) \cdot 600 \cdot 200^2} = 0,08575 . \quad 8.13$$

Sabendo-se que $\frac{d'}{h} = 0,2315$, $\lambda = 51,96$, $v_d = 0,8167$ e $\mu_d = 0,08575$, pode-se obter o valor da taxa mecânica de armadura diretamente nos diagramas para duas linhas de armadura, com $\frac{d'}{h} = 0,20$ e $\frac{d'}{h} = 0,25$, com $\lambda = 30$ e $\lambda = 60$, realizando-se as interpolações necessárias.

Demonstra-se, para um caso específico, como se tomam os valores nos diagramas de interação: identifica-se no eixo das abscissas o ponto referente ao esforço normal adimensional ($v_d = 0,8167$) e no eixo das ordenadas o ponto referente ao momento fletor adimensional ($\mu_d = 0,08575$). Partindo-se destes pontos, são traçadas as retas perpendiculares aos respectivos eixos e toma-se, no ponto de intersecção das retas, o valor da taxa mecânica de armadura, conforme demonstrado na Figura 57.

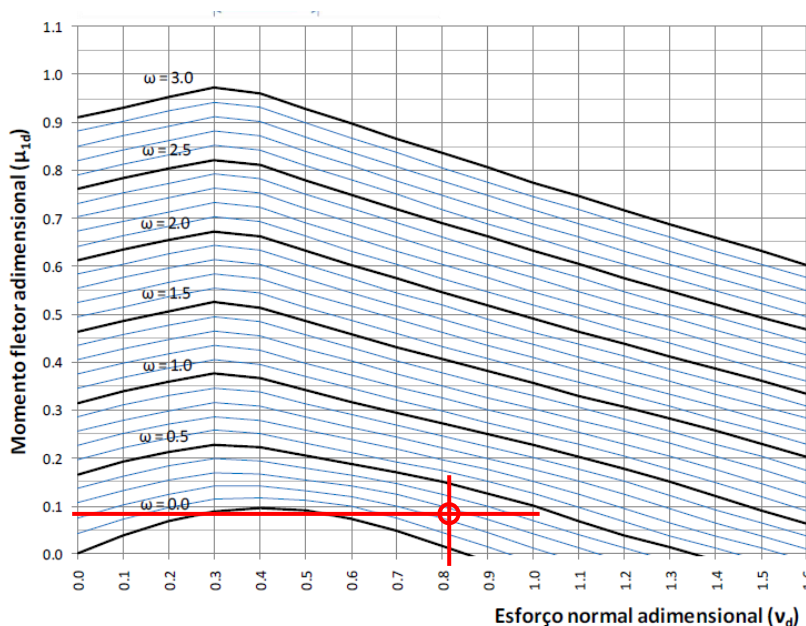


Figura 57: Demonstração da obtenção da taxa mecânica de armadura por meio dos diagramas de interação.

Repete-se o mesmo procedimento para todos os diagramas.

Para $\frac{d'}{h} = 0,20$ e $\lambda = 30$, encontra-se $\omega = 0,275$.

Para $\frac{d'}{h} = 0,20$ e $\lambda = 60$, encontra-se $\omega = 0,425$.

Para $\frac{d'}{h} = 0,25$ e $\lambda = 30$, encontra-se $\omega = 0,300$.

Para $\frac{d'}{h} = 0,25$ e $\lambda = 60$, encontra-se $\omega = 0,500$.

Realizando-se a interpolação linear entre os valores obtidos, encontra-se $\omega \cong 0,4234$.

Determina-se então a armadura mínima necessária:

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}} = \frac{0,4234 \cdot \left(\frac{30}{1,4}\right) \cdot 600 \cdot 200}{\left(\frac{500}{1,15}\right)} = 2504 \text{ mm}^2. \quad 8.14$$

Logo, a armadura mínima necessária, considerando-se a verificação dos estados limites últimos de ruptura e de instabilidade, é $A_s = 25,04 \text{ cm}^2$. Neste caso, são necessárias oito barras de $20,0 \text{ mm}$ de diâmetro, ou seja, quatro barras por linha de armadura.

8.1.3 Resolução pelo método do pilar-padrão com rigidez aproximada

Pelo método do pilar-padrão com rigidez aproximada, na formulação direta, devem ser calculados os valores de A, B e C.

Primeiramente, será determinado o valor de A:

$$A = 5h = 5 \cdot 0,20 = 1,0. \quad 8.15$$

De acordo com a Tabela 8, assume-se $\alpha_b = 1,0$ e calcula-se B:

$$B = h^2 \cdot N_d - \frac{N_d \cdot l_e^2}{320} - 5h \cdot \alpha_b \cdot M_{1d,A}$$

$$B = 0,20^2 \cdot 2100 - \frac{2100 \cdot 3,0^2}{320} - 5 \cdot 0,20 \cdot 1,0 \cdot 44,1 = -19,1625 . \quad 8.16$$

Por fim, determina-se o valor de C:

$$C = -N_d \cdot h^2 \cdot \alpha_b \cdot M_{1d,A} = -2100 \cdot 0,20^2 \cdot 1,0 \cdot 44,1$$

$$\therefore C = -3704,4 . \quad 8.17$$

Determina-se então o momento total de cálculo:

$$M_{d,tot} = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} = \frac{-(-19,1625) + \sqrt{(-19,1625)^2 - 4 \cdot 1,0 \cdot (-3704,4)}}{2 \cdot 1,0}$$

$$\therefore M_{d,tot} = 71,19 \text{ kN} \cdot \text{m} . \quad 8.18$$

Calcula-se o valor do momento fletor adimensional:

$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2} = \frac{71,19 \times 10^6}{\left(\frac{30}{1,4}\right) \cdot 600 \cdot 200^2} = 0,1384 . \quad 8.19$$

Sabendo-se que $\frac{d'}{h} = 0,2315$, $\lambda = 51,96$, $\nu_d = 0,8167$ e $\mu_d = 0,1384$, pode-se obter o valor da taxa mecânica de armadura pelas tabelas que representam a capacidade portante da seção transversal ($\lambda = 0$).

Para $\frac{d'}{h} = 0,20$, encontra-se $\omega = 0,4072$.

Para $\frac{d'}{h} = 0,25$, encontra-se $\omega = 0,4507$.

Realizando-se a interpolação linear, encontra-se $\omega \cong 0,4346$.
Portanto:

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}} = \frac{0,4346 \cdot \left(\frac{30}{1,4}\right) \cdot 600 \cdot 200}{\left(\frac{500}{1,15}\right)} = 2571 \text{ mm}^2 . \quad 8.20$$

Logo, pelo método do pilar-padrão com rigidez aproximada, a armadura mínima necessária é $A_s = 25,71 \text{ cm}^2$. Neste caso, seriam

necessárias dez barras de 20,0 *mm*, ou seja, duas linhas de armadura com cinco barras em cada uma delas.

8.1.4 Determinação do momento resistente e dos efeitos de segunda ordem pelo programa PPAP-FCN

Neste tópico, serão determinados o momento resistente último e o momento total atuante na seção transversal, para os dados do pilar apresentado no início do item 8.1, considerando-se a armadura calculada pelas tabelas e pelos diagramas de interação.

No item 8.1.1, referente ao dimensionamento pelas tabelas de interação, foi determinado que a armadura necessária fosse $A_s = 25,13 \text{ cm}^2$, sendo adotada para a armadura 8 ϕ 20,0 *mm* ($A_s = 25,136 \text{ cm}^2$). Entrando com os dados da armadura adotada no programa, chega-se ao momento último resistente $M_u = 70,39 \text{ kN.m}$. Determinando-se os efeitos de segunda ordem pela analogia de Mohr, é obtido o momento total atuante $M_{dt} = 64,57 \text{ kN.m}$, sendo verificada a segurança do pilar, pois o momento solicitante é menor que o momento resistente.

O momento total atuante é composto pelo momento de primeira ordem $M_{1d} = 44,10 \text{ kN.m}$ e pelo momento de segunda ordem $M_{2d} = 20,47 \text{ kN.m}$. Sendo assim, o momento total atuante supera o momento de primeira ordem em 46,4 %, donde se conclui que os efeitos de segunda ordem elevam de forma significativa as solicitações no pilar.

Pelo método das diferenças finitas, aplicado com um nível de precisão semelhante ao adotado na analogia de Mohr, foi obtido para o momento total atuante $M_{dt} = 64,55 \text{ kN.m}$.

Salienta-se que foram adotados, em todos os cálculos, a variação da curvatura adimensional $\Delta\theta = 0,1$ na determinação da relação momento-curvatura e foram consideradas 1000 (um mil) divisões no pilar para a aplicação da analogia de Mohr e do método das diferenças finitas, por meio dos quais foram determinados os efeitos de segunda ordem e se obteve praticamente o mesmo resultado.

8.1.5 Determinação do momento resistente e dos efeitos de segunda ordem pelas planilhas eletrônicas

Determinando-se o momento resistente e o momento atuante, por meio das planilhas eletrônicas, encontra-se o momento último resistente $M_u = 70,39 \text{ kN.m}$. Para o momento total atuante, são encontrados $M_{dt} = 64,56 \text{ kN.m}$ pelo método das diferenças finitas e $M_{dt} = 64,57 \text{ kN.m}$ pela analogia de Mohr. Portanto, pode-se concluir que os resultados obtidos pelas planilhas eletrônicas são semelhantes aos resultados obtidos pelo programa *PPAP-FCN*.

8.1.6 Análise dos resultados

Após os cálculos, pôde-se verificar que tanto as tabelas quanto os diagramas de interação, construídos e apresentados neste trabalho, proporcionaram um dimensionamento mais econômico, em relação ao método do pilar-padrão com rigidez aproximada. Afinal, pelo método com rigidez aproximada seriam necessários 10 ϕ 20,0 mm, enquanto pelas tabelas e pelos diagramas verificou-se a necessidade de apenas 8 ϕ 20,0 mm para as mesmas solicitações.

Analisando os resultados em termos de armadura mínima necessária, determinada pelos métodos mencionados (Tabela 10), observa-se que a diferença percentual entre o menor valor, obtido pelos diagramas de interação, e o maior valor, obtido pelo método do pilar-padrão com rigidez aproximada, é de apenas 2,7 % (em relação ao menor valor).

Tabela 10: Comparação entre os valores obtidos para a área de aço necessária por diferentes métodos de dimensionamento.

Método aplicado	Área de aço necessária (mm ²)	Armadura adotada (por bitola)
Tabelas de interação	2513	8 ϕ 20,0
Diagramas de interação	2504	8 ϕ 20,0
Método do Pilar-padrão com Rigidez Aproximada	2571	10 ϕ 20,0

Por meio das planilhas eletrônicas e dos programas desenvolvidos pôde-se demonstrar também que o resultado obtido pelas tabelas e pelos diagramas de interação verifica os critérios de segurança da norma, ou seja, está em conformidade com a ABNT NBR 6118: 2007. A explicação para o fato de se obter um dimensionamento mais econômico reside na aplicação do método geral na construção das tabelas e dos diagramas.

8.2 Exemplo de verificação

Para os dados apresentados no item anterior (item 8.1), foi apresentada, nos comentários técnicos e exemplos de aplicação do IBRACON (2007), a disposição da armadura determinada pelo método do pilar-padrão com rigidez aproximada, com cinco linhas de armadura e duas barras de 20,0 mm em cada uma, conforme a Figura 58.

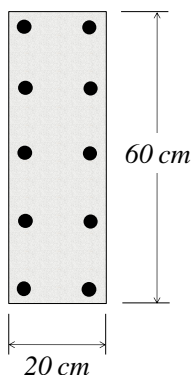


Figura 58: Representação da seção transversal com cinco linhas de armadura.

Neste item, será verificado o valor do momento resistente na direção referente às cinco linhas de armadura, com a utilização das tabelas e dos diagramas de interação, das planilhas e do programa *PPAP-FCN Múltiplas Camadas*.

Na direção com cinco linhas de armadura, a base é igual a 20 *cm* e a altura da seção transversal igual a 60 *cm*, donde se calcula:

$$\lambda = \sqrt{12} \cdot \frac{l_e}{h} = \sqrt{12} \cdot \frac{300}{60} = 17,32 . \quad 8.21$$

Como $\lambda < 35$ pode-se desprezar os efeitos locais de segunda ordem, sem a necessidade da verificação de λ_1 .

A partir dos dados da seção transversal, encontra-se $d' = 4,63$ *cm*, como demonstrado no item 8.1, e calcula-se então o valor da relação d'/h :

$$\frac{d'}{h} = \frac{4,63}{60} = 0,07717 . \quad 8.22$$

Pode ser obtido o valor do esforço normal adimensional:

$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = \frac{2100000}{\left(\frac{30}{1,4}\right) \cdot 200 \cdot 600} = 0,8167 . \quad 8.23$$

Calcula-se o valor da área total da armadura:

$$A_s = 10 \cdot 3,142 = 31,42 \text{ cm}^2 = 3142 \text{ mm}^2 . \quad 8.24$$

Calcula-se também o valor da taxa mecânica de armadura:

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = \frac{3142 \cdot \left(\frac{500}{1,15}\right)}{\left(\frac{30}{1,4}\right) \cdot 200 \cdot 600} = 0,5313 . \quad 8.25$$

Conhecendo-se os valores de $\frac{d'}{h} = 0,07717$, $\nu_d = 0,8167$ e $\omega = 0,5313$, pode-se obter o valor do momento fletor resistente por meio das tabelas e dos diagramas de interação, como será demonstrado nos próximos itens.

8.2.1 Determinação do momento resistente pelas tabelas de interação

Adotam-se as tabelas para cinco linhas de armadura, $\frac{d'}{h} = 0,05$ e $\frac{d'}{h} = 0,10$, com $\lambda = 0$, pois podem ser desprezados os efeitos locais de segunda ordem ($\lambda \leq 35$).

Para $\frac{d'}{h} = 0,05$ e $\lambda = 0$, encontra-se $\mu_d = 0,1735$.

Para $\frac{d'}{h} = 0,10$ e $\lambda = 0$, encontra-se $\mu_d = 0,1627$.

Realizando-se a interpolação linear, entre os valores obtidos, encontra-se $\mu_d \cong 0,1676$.

Calcula-se o momento resistente:

$$M_d = \mu_d \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h^2 = 0,1676 \cdot \left(\frac{30}{1,4}\right) \cdot 200 \cdot 600^2$$

$$\therefore M_d = 258,58 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 258,58 \text{ kN} \cdot \text{m} . \quad 8.26$$

8.2.2 Determinação do momento resistente pelos diagramas de interação

Tomando-se os diagramas para cinco linhas de armadura, com $\frac{d'}{h} = 0,05$ e $\frac{d'}{h} = 0,10$, e com $\lambda = 0$, pois podem ser desprezados os efeitos locais de segunda ordem ($\lambda \leq 35$), é determinado o valor do momento fletor adimensional, por meio de interpolação.

Para $\frac{d'}{h} = 0,05$ e $\lambda = 0$, encontra-se $\mu_d = 0,175$.

Para $\frac{d'}{h} = 0,10$ e $\lambda = 0$, encontra-se $\mu_d = 0,165$.

Realizando-se a interpolação linear, entre os valores obtidos, encontra-se $\mu_d \cong 0,1696$.

Portanto, encontra-se o momento resistente:

$$M_d = \mu_d \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h^2 = 0,1696 \cdot \left(\frac{30}{1,4}\right) \cdot 200 \cdot 600^2$$

$$\therefore M_d = 261,67 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 261,67 \text{ kN} \cdot \text{m} . \quad 8.27$$

8.2.3 Determinação do momento resistente pelo programa PPAP-FCN

Entra-se com os dados no programa *PPAP-FCN Múltiplas Camadas*, inserindo os dados da armadura por meio de um arquivo de texto. Seleciona-se no *Menu Opções* a opção *Entrada de Armadura > via arquivo > por bitola* e seleciona-se um arquivo de texto que deve apresentar o conteúdo descrito abaixo.

```
5
0,0,0,2,0,0,4.63
0,0,0,2,0,0,17.315
0,0,0,2,0,0,30.000
0,0,0,2,0,0,42.685
0,0,0,2,0,0,55.370
```

Os demais dados são inseridos na própria janela do programa e, após o processamento, é obtido o valor do momento resistente $M_d = 259,40 \text{ kN} \cdot \text{m}$.

A outra forma de entrada dos dados da armadura em várias camadas, também ocorre via arquivo de texto, por meio do *Menu Opções*, escolhendo-se *Entrada de Armadura > via arquivo > por área* e selecionando-se um arquivo de texto com o conteúdo abaixo.

```
5
6.284,4.63
6.284,17.315
6.284,30.000
6.284,42.685
6.284,55.370
```

Seleciona-se a opção *Fazer Momento-Curvatura* e, após o processamento, o programa apresenta, na própria janela, os resultados

encontrados, juntamente aos dados de entrada inseridos diretamente na mesma, como é possível visualizar na Figura 59. A relação momento-curvatura completa pode ser visualizada na Janela M-N-1/r, selecionando-se dentro do *Menu Opções* a opção *Janela de M-N-1/r*, sendo apresentada na tela a janela ilustrada na Figura 60.

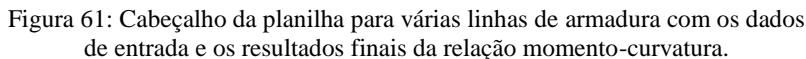
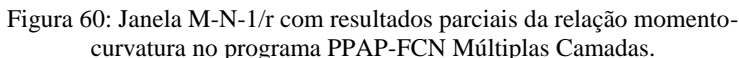
The screenshot displays the PPAP-FCN MC 2011 software interface. The window is titled 'PPAP-FCN MC 2011' and has a menu bar with 'Arquivo', 'Executar', and 'Opções'. The interface is divided into several sections:

- Dados Principais:** Includes input fields for N_d (kN) with value 2100.00, e (cm) with value 3.30, L (m) with value 1.50, b (cm) with value 20.0, and h (cm) with value 60.0.
- Métodos de Resolução:** Radio buttons for 'Diferenças finitas - manual', 'Diferenças finitas - auto', and 'Analogia de Mohr' (selected).
- Dados para MDF e Mohr:** Includes 'n° de seções' (1000), ' Δx (m)' (0.00), and ' σ (cm) MDF' (0.000).
- Resultados de MDF e Mohr:** Displays ' $M_{máx}$ (kN.m)' (0.00), 'Flecha (cm)' (0.000), and 'Verificação' (0.000).
- Dados para M-N-1/r:** Includes ' f_{ck} (MPa)' (30), ' f_{yk} (MPa)' (500), ' A_{si} (cm²)' (0.00), ' A_{ss} (cm²)' (0.00), ' d_1 (cm)' (0.00), ' d_2 (cm)' (0.00), ' E_s (GPa)' (210), ' f_{cd} (MPa)' (21.43), ' f_{yd} (MPa)' (434.78), ' σ_{cd} CURVA 1' (18214), ' σ_{cd} CURVA 2' (23571), ' σ_{sd} (kN/m²)' (434783), and ' E_{yd} (por mil)' (2.070).
- Resultados de M-N-1/r:** Displays ' θ_{final} ' (2.365) and ' M_{final} (kN.m)' (259.40).
- Momento-Curvatura:** A table with two columns: 'Teta' and 'Momento'. It lists values from 0.000 to 2.000 for Teta and corresponding Momento values.
- Desenvolvimento de MDF e Mohr:** A grid for developing the MDF and Mohr diagrams.
- Valores de Referência:** Includes ' A_c (cm²)' (1200.00), ' A_s total (cm²)' (31.420), ' ρ_{app} (%)' (2.62), ' λ (esbeltez)' (17.32), and ' l_g / h ' (5).
- Relação d/h:** 0.077
- Normal Reduzido:** 0.817
- Momento Reduzido:** 0.045
- Taxa Mecânica:** 0.531
- M2d / M1d:** 0.000
- Ruptura do concreto:** A button to check for concrete rupture.
- Status:** A text field for status.
- Buttons:** 'Fazer Momento-Curvatura', 'Excentricidade máxima', 'Executar (MDF/Mohr)', 'Apagar Resultados', and 'Sair'.
- Footer:** 'PPAP-FCN / Grupo de Análise e Projeto de Estruturas - UFSC'.

Figura 59: Dados de entrada e resultados finais da relação momento-curvatura no programa PPAP-FCN Múltiplas Camadas.

8.2.4 Determinação do momento resistente pelas planilhas

Substituindo-se os valores na planilha para várias linhas de armadura, determina-se a relação momento-curvatura e encontra-se para o valor do momento último resistente $M_d = 259,40 \text{ kN} \cdot \text{m}$, conforme se apresenta nas Figuras 61 e 62.



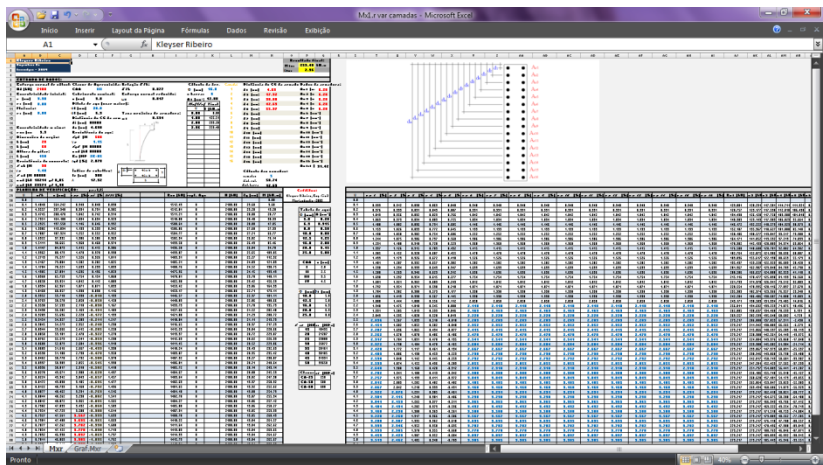


Figura 62: Visão geral da planilha para várias linhas de armadura com os dados de entrada e os resultados parciais obtidos.

8.2.5 Análise dos resultados

São apresentados os valores obtidos para o momento último resistente na Tabela 11.

Tabela 11: Comparação entre os valores do momento fletor resistente obtidos por vários métodos.

Método aplicado	Momento resistente (kN.m)	Diferença percentual* (%)
Tabelas de interação	258,58	-0,32
Diagramas de interação	261,67	0,88
Planilha eletrônica (método geral)	259,40	0,00
Programa PPAP-FCN MC	259,40	0,00

* Diferença percentual em relação ao valor obtido com a aplicação do método geral.

Verifica-se, neste caso, que o valor do momento resistente encontrado por meio das tabelas de interação é bastante próximo ao valor encontrado pelas planilhas e pelo programa *PPAP-FCN Múltiplas Camadas*, os quais devem ser os valores mais precisos, pelo fato de resultarem da aplicação direta do método geral, enquanto pelas tabelas e pelos diagramas de interação pode-se incorrer em erros devidos aos processos de leitura e de interpolação.

O valor encontrado pelos diagramas de interação está bem próximo dos demais valores, contudo, ele se encontra ligeiramente contrário à segurança do pilar, devido às imprecisões nas leituras efetuadas no diagrama. Porém, a diferença percentual entre o valor encontrado pelos diagramas e o valor encontrado pelo método geral é de apenas 0,88 %.

Desta análise, podem ser realizadas duas considerações: confirmar a precisão dos resultados obtidos com as tabelas e os diagramas e alertar que deve ser tomado bastante cuidado na leitura dos valores nos diagramas para evitar a ocorrência de erros que conduzam a um dimensionamento contrário à segurança estrutural.

8.3 Determinação do máximo esforço normal de cálculo

A determinação do máximo esforço normal de cálculo que pode ser aplicado a um pilar, geralmente, envolve um processo iterativo, pois tanto o esforço normal adimensional quanto o momento fletor adimensional dependem de seu valor. No entanto, este exemplo apresenta como pode ser estimado o valor do esforço normal de cálculo sem a necessidade de iterações, de maneira gráfica, com a aplicação dos diagramas de interação desenvolvidos neste trabalho.

Considera-se um pilar com seção transversal quadrada de $25\text{ cm} \times 25\text{ cm}$, com um comprimento equivalente $l_e = 450\text{ cm}$. O concreto utilizado tem resistência característica à compressão $f_{ck} = 25\text{ MPa}$ e o aço adotado é o aço CA-50, com resistência característica ao escoamento $f_{yk} = 500\text{ MPa}$ e módulo de elasticidade longitudinal $E = 210\text{ GPa}$. A seção transversal apresenta armadura longitudinal com quatro barras de $16,0\text{ mm}$ de diâmetro, dispostas conforme a Figura 63, e estribos de $6,3\text{ mm}$ de diâmetro, com um cobrimento $c = 25\text{ mm}$. Deseja-se saber qual o valor do máximo esforço normal de cálculo que pode ser aplicado ao pilar, considerando-se a aplicação dos momentos

mínimos de norma e verificando-se as demais condições de segurança da ABNT NBR 6118: 2007.

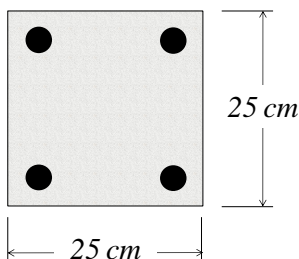


Figura 63: Representação da seção transversal do exemplo de determinação do máximo esforço normal de cálculo.

Como o pilar considerado tem seção quadrada, ele apresenta nas duas direções principais o mesmo índice de esbeltez (λ) e o mesmo momento mínimo de primeira ordem ($M_{1d,min}$), calculados conforme as expressões:

$$\lambda = \sqrt{12} \cdot \frac{l_e}{h} = \sqrt{12} \cdot \frac{450}{25} = 62,35, \text{ e} \quad 8.28$$

$$M_{1d,min} = N_d(0,015 + 0,03h) = N_d \cdot (0,015 + 0,03 \cdot 0,25)$$

$$\therefore M_{1d,min} = 0,0225N_d [\text{valores em metros}]. \quad 8.29$$

Verifica-se que o valor do momento mínimo de primeira ordem fica em função do valor do esforço normal de cálculo, o qual deve ser determinado.

Pode-se verificar a possibilidade de serem desprezados os efeitos de segunda ordem por meio do parâmetro λ_1 :

$$\lambda_1 = \frac{25+12,5\left(\frac{e_{1,min}}{h}\right)}{\alpha_b} = \frac{25+12,5\left(\frac{M_{1d,min}/N_d}{h}\right)}{\alpha_b} = \frac{25+12,5\left(\frac{0,0225N_d/N_d}{0,25}\right)}{1,0}$$

$$\lambda_1 = 26,125 < 35 \therefore \lambda_1 = 35 . \quad 8.30$$

Onde foi adotado $\alpha_b = 1,0$ em conformidade com a Tabela 8.

Como foi encontrado $\lambda > \lambda_1$ verifica-se a necessidade de considerar os efeitos locais de segunda ordem.

A partir dos dados da seção transversal, apresentados anteriormente, pode-se calcular o valor da relação d'/h :

$$d' = c + \varphi_e + \frac{\varphi_l}{2} = 25 + 6,3 + \frac{16,0}{2} = 39,3 \text{ mm} = 3,93 \text{ cm} , e \quad 8.31$$

$$\frac{d'}{h} = \frac{3,93}{25} = 0,1572 . \quad 8.32$$

Determina-se, então, a expressão do esforço normal adimensional (v_d) em função do esforço normal de cálculo (N_d):

$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = \frac{N_d}{\left(\frac{25}{1,4}\right) \cdot 250 \cdot 250} = (8,96 \times 10^{-7}) \cdot N_d . \quad 8.33$$

Pode-se determinar, ainda, a expressão do momento fletor adimensional de primeira ordem (μ_{1d}) em função do esforço normal de cálculo (N_d):

$$\mu_{1d} = \frac{M_{1d}}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2} = \frac{0,0225 N_d \times 10^3}{\left(\frac{25}{1,4}\right) \cdot 250 \cdot 250^2} = (8,064 \times 10^{-8}) \cdot N_d . \quad 8.34$$

Por conseguinte, podem ser escritas duas expressões para o esforço normal de cálculo (N_d), uma delas em função do esforço normal adimensional (v_d) e a outra expressão em função do momento fletor adimensional de primeira ordem (μ_{1d}):

$$N_d = (1,116 \times 10^6) \cdot v_d , e \quad 8.35$$

$$N_d = (12,401 \times 10^6) \cdot \mu_{1d} . \quad 8.36$$

Igualando-se as duas expressões apresentadas para o esforço normal de cálculo, encontra-se a expressão que relaciona o esforço normal adimensional e o momento fletor adimensional de primeira ordem. Para este caso:

$$(1,116 \times 10^6) \cdot v_d = (12,401 \times 10^6) \cdot \mu_{1d} \quad 8.37$$

$$\therefore \mu_{1d} = 0,090 v_d . \quad 8.38$$

Como a armadura longitudinal da seção transversal é conhecida, pode-se determinar a área da seção transversal de aço:

$$A_s = 4 \cdot 2,0 = 8,0 \text{ cm}^2 = 800 \text{ mm}^2 , \quad 8.39$$

e determinar a taxa mecânica de armadura:

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = \frac{800 \cdot \left(\frac{500}{1,15}\right)}{\left(\frac{25}{1,4}\right) \cdot 250 \cdot 250} = 0,312 . \quad 8.40$$

Em tal caso, sabendo-se que $\frac{d'}{h} = 0,1572$, $\lambda = 62,35$, $\omega = 0,312$ e $\mu_{1d} = 0,090 v_d$, pode-se obter o valor do máximo esforço normal de cálculo que pode ser aplicado ao pilar diretamente pelos diagramas para duas linhas de armadura, com $\frac{d'}{h} = 0,15$ e $\frac{d'}{h} = 0,20$, com $\lambda = 60$ e $\lambda = 90$, realizando-se as interpolações necessárias. Para que isso seja possível, deve ser traçada sobre cada diagrama a reta correspondente à equação linear que relaciona o esforço normal adimensional e o momento fletor adimensional ($\mu_{1d} = 0,090 v_d$), tomando-se os valores de μ_{1d} ou v_d correspondentes ao ponto de intersecção da reta com a curva referente à taxa mecânica de armadura calculada. Caso o valor da taxa mecânica de armadura calculada não corresponda a nenhuma curva desenhada no diagrama original, encontram-se as curvas mais próximas a este valor, a curva imediatamente inferior e a curva imediatamente superior, e toma-se visualmente o ponto referente ao local onde provavelmente passaria a curva correspondente, conforme a Figura 64.

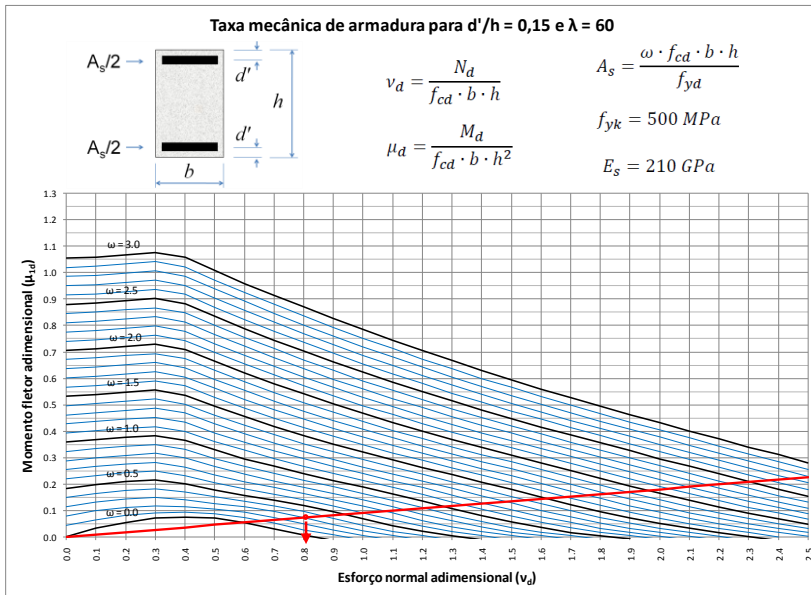


Figura 64: Demonstração do processo para obtenção do máximo esforço normal de cálculo pelos diagramas de interação.

Repetindo-se o mesmo procedimento para todas as combinações de d'/h e λ , são encontrados valores para o esforço normal adimensional, ou para o momento fletor adimensional, conforme o caso.

Para $\frac{d'}{h} = 0,15$ e $\lambda = 60$, encontra-se $\nu_d = 0,810$.

Para $\frac{d'}{h} = 0,15$ e $\lambda = 90$, encontra-se $\nu_d = 0,620$.

Para $\frac{d'}{h} = 0,20$ e $\lambda = 60$, encontra-se $\nu_d = 0,780$.

Para $\frac{d'}{h} = 0,20$ e $\lambda = 90$, encontra-se $\nu_d = 0,575$.

Realizando-se a interpolação linear entre os valores obtidos nos diagramas, encontra-se $\nu_d \cong 0,791$. Substituindo-se este valor na

expressão correspondente, encontra-se o valor do esforço normal de cálculo:

$$N_d = (1,116 \times 10^6) \cdot \nu_d = (1,116 \times 10^6) \cdot 0,791 = 882756 \text{ N} . \quad 8.41$$

Se o procedimento for efetuado utilizando o momento fletor adimensional de primeira ordem, deve-se encontrar o mesmo resultado, sendo que o valor obtido só não será exatamente igual devido às imprecisões ocorridas nas leituras dos diagramas. Salienta-se que, neste exemplo, devido ao fato do momento fletor adimensional de primeira ordem apresentar um valor bastante inferior em relação ao esforço normal adimensional, incorre-se em maiores erros ao se efetuar a sua leitura. Por este fato, indica-se que sempre se adote o parâmetro adimensional que apresente os maiores valores absolutos nos diagramas, visando-se reduzir a possibilidade de erros na leitura, devida às limitações visuais. Neste caso, o outro parâmetro adimensional poderia servir de verificação da ordem de grandeza dos resultados, pois os valores obtidos não devem ser muito diferentes.

Conclui-se que este pilar deve resistir a um esforço normal de cálculo aproximadamente igual a 882,75 kN.

8.3.1 Verificação do valor do esforço normal de cálculo por meio das planilhas eletrônicas

Entrando-se com os dados do pilar no cabeçalho da planilha correspondente ao caso, considerando-se $N_d = 882,75 \text{ kN}$, determina-se o momento fletor último resistente $M_u = 35,08 \text{ kN} \cdot \text{m}$ e o momento total atuante $M_{dt} = 34,08 \text{ kN} \cdot \text{m}$. Desta forma, verifica-se que o valor do momento fletor atuante é próximo ao valor do momento fletor resistente, concluindo-se que a diferença entre os valores decorre do erro de leitura nos diagramas, que é impossível de ser evitado devido às limitações visuais comuns em métodos gráficos.

8.3.2 Verificação do valor do esforço normal de cálculo por meio do programa PPAP-FCN

Entrando-se com os dados do pilar no programa, considerando-se $N_d = 882,75 \text{ kN}$, encontra-se para o momento fletor último resistente $M_u = 35,08 \text{ kN} \cdot \text{m}$ e para o momento total atuante $M_{dt} = 34,08 \text{ kN} \cdot \text{m}$. Logo, o valor obtido pelo programa é o mesmo valor obtido pelas planilhas, verificando-se os resultados encontrados e as condições de segurança.

8.3.3 Considerações acerca da determinação do máximo esforço normal de cálculo

Conclui-se que, por meio dos diagramas de interação, pode-se determinar o máximo esforço normal de cálculo sem iterações, como foi demonstrado. No entanto, deve-se ter ciência de que os diagramas foram desenvolvidos pelo método geral e que a ocorrência de erros de leitura podem gerar resultados contrários à segurança do pilar. Por este motivo, deve-se ter bastante atenção para realizar o mínimo de arredondamentos possível no decorrer dos cálculos, traçar corretamente as retas sobre os diagramas, com os instrumentos adequados, e ler com muita atenção todos os valores.

9 ANÁLISE DOS DIAGRAMAS

Por meio da confecção dos diagramas apresentados, em anexo, foi possível a realização da análise dos resultados, sob a forma genérica, conforme as conclusões apresentadas a seguir.

9.1 Análise das variáveis

Basta observar a distribuição das curvas para verificar que a capacidade do pilar suportar cargas é reduzida à medida que se aumenta o valor da razão entre o comprimento do pilar e a altura da seção transversal. Em outras palavras, quanto maior for o índice de esbeltez, o pilar necessitará de uma taxa mecânica de armadura também maior para suportar ao mesmo carregamento. Esta conclusão pode ser verificada na Figura 65.

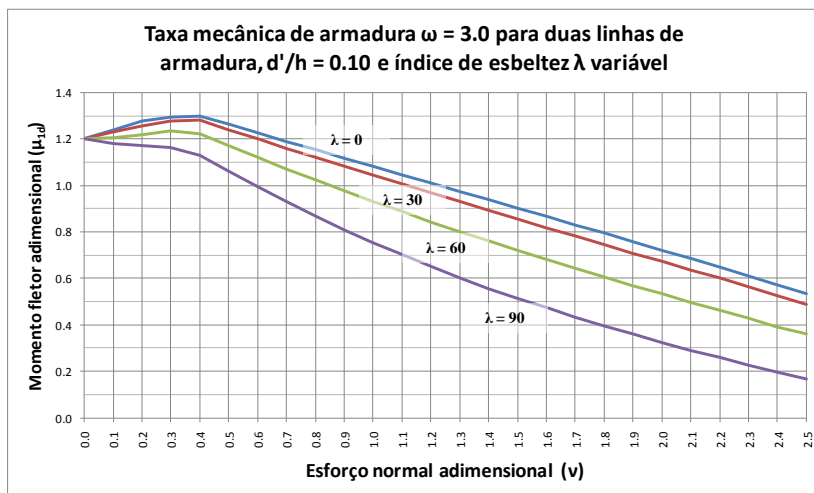


Figura 65: Análise da variação do índice de esbeltez.

Da mesma forma, a Figura 66 demonstra que à medida que se aumenta a relação d'/h , simultaneamente, se reduz a capacidade resistente do pilar, quando se mantêm os demais parâmetros constantes.

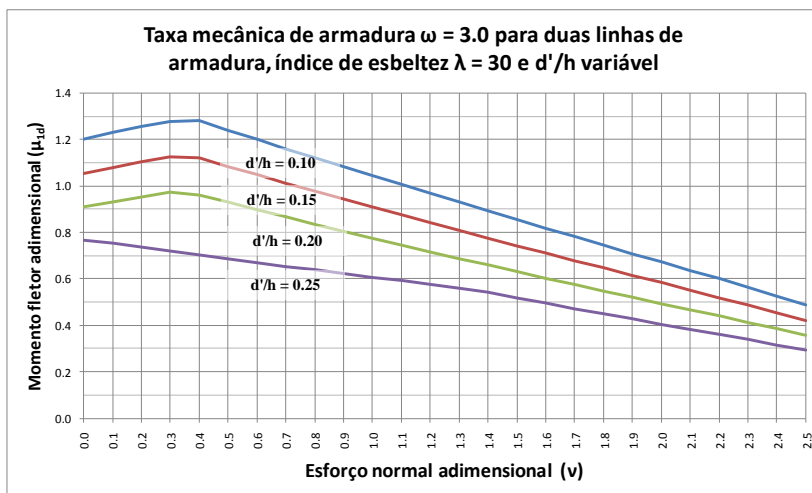


Figura 66: Análise da variação da relação d'/h .

Com a variação do número de linhas de armadura, na seção transversal, pode-se confirmar que a seção com apenas duas linhas de armadura, em faces opostas, é mais eficaz que as seções com várias camadas. Este fato comprova a afirmação de que a seção com duas linhas é a melhor opção para suportar a solicitação na direção mais crítica do pilar. A comparação pode ser realizada com a observação da Figura 67.

Em suma, a situação ideal, para que o pilar resista às solicitações de flexão composta normal, é que se adote sempre que possível duas linhas de armadura na direção mais crítica, o menor recobrimento possível da armadura, visando-se a redução da relação d'/h , e as condições de vinculação que reduzam o índice de esbeltez do elemento.

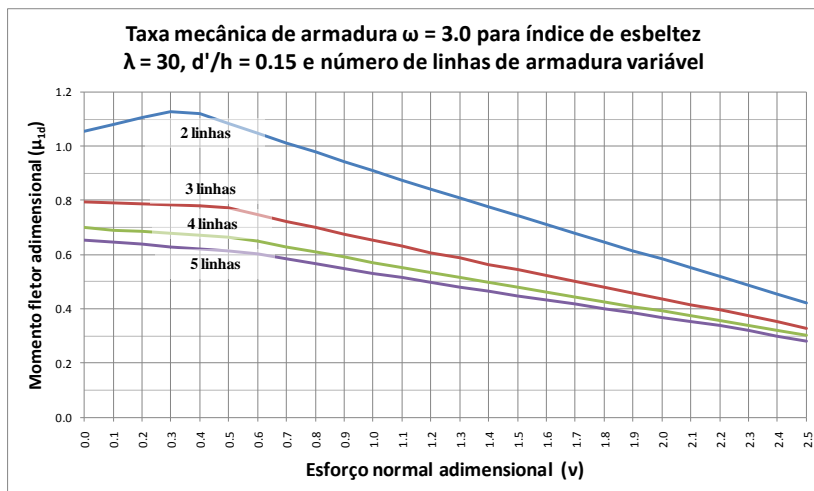


Figura 67: Análise da variação do número de linhas de armadura.

9.2 Generalização da análise

Embora as conclusões acerca dos diagramas tenham sido apresentadas para casos específicos no item anterior, elas são válidas para os demais casos. Pode-se provar a sua validade por meio de uma análise simples.

Os diagramas apresentam no eixo das abscissas o esforço normal adimensional e no eixo das ordenadas o momento fletor adimensional, sendo que as curvas resultantes representam a taxa mecânica de armadura. Em outras palavras, para cada nível de esforço normal adimensional há uma altura no diagrama referente ao momento fletor adimensional, para um nível de taxa mecânica de armadura. Quanto maior esta altura, por onde passa a curva, maior é a resistência do pilar. Portanto, obtendo-se a média das alturas de cada diagrama podem-se comparar vários diagramas, de acordo com as Tabelas 12 a 15.

Tabela 12: Comparação das médias do momento fletor adimensional para duas linhas de armadura.

	d'/h=0.10	%	d'/h=0.15	%	d'/h=0.20	%	d'/h=0.25	%	d'/h=0.30	%
$\lambda = 0$	0.497		0.443		0.388		0.332		0.265	
$\lambda = 30$	0.474	-4.63	0.418	-5.64	0.358	-7.73	0.296	-10.84	0.225	-15.09
$\lambda = 60$	0.385	-22.54	0.317	-28.44	0.250	-35.57	0.186	-43.98	0.125	-52.83
$\lambda = 90$	0.278	-44.06	0.219	-50.56	0.168	-56.70	0.113	-65.96	0.071	-73.21

Tabela 13: Comparação das médias do momento fletor adimensional para três linhas de armadura.

	d'/h=0.05	%	d'/h=0.10	%	d'/h=0.15	%	d'/h=0.20	%	d'/h=0.25	%	d'/h=0.30	%
$\lambda = 0$	0.447		0.398		0.353		0.307		0.261		0.210	
$\lambda = 30$	0.415	-7.16	0.364	-8.54	0.317	-10.20	0.271	-11.73	0.221	-15.33	0.173	-17.62
$\lambda = 60$	0.326	-27.07	0.275	-30.90	0.22	-37.68	0.172	-43.97	0.129	-50.57	0.094	-55.24
$\lambda = 90$	0.229	-48.77	0.190	-52.26	0.148	-58.07	0.107	-65.15	0.074	-71.65	0.055	-73.81

Tabela 14: Comparação das médias do momento fletor adimensional para quatro linhas de armadura.

	d'/h=0.05	%	d'/h=0.10	%	d'/h=0.15	%	d'/h=0.20	%
$\lambda = 0$	0.415		0.370		0.323		0.280	
$\lambda = 30$	0.380	-8.43	0.334	-9.73	0.286	-11.46	0.243	-13.21
$\lambda = 60$	0.282	-32.05	0.234	-36.76	0.189	-41.49	0.149	-46.79
$\lambda = 90$	0.190	-54.22	0.156	-57.84	0.125	-61.30	0.088	-68.57

Tabela 15: Comparação das médias do momento fletor adimensional para cinco linhas de armadura.

	d'/h=0.05	%	d'/h=0.10	%	d'/h=0.15	%	d'/h=0.20	%
$\lambda = 0$	0.394		0.351		0.310		0.267	
$\lambda = 30$	0.355	-9.90	0.311	-11.40	0.271	-12.58	0.229	-14.23
$\lambda = 60$	0.257	-34.77	0.214	-39.03	0.173	-44.19	0.135	-49.44
$\lambda = 90$	0.173	-56.09	0.143	-59.26	0.111	-64.19	0.077	-71.16

Analisando-se as Tabelas 12 a 15, percebe-se que à medida que se aumenta o índice de esbeltez do pilar, a sua resistência decresce significativamente, sendo que a média dos diagramas sofre reduções da ordem de até 70 % entre $\lambda = 0$ e $\lambda = 90$. Também podem ser verificados os comentários feitos acerca da variação da relação d'/h e do número de linhas de armadura.

No entanto, salienta-se que este valor médio não tem nenhum significado físico, apenas confirma a validade das considerações apresentadas no item anterior.

9.3 Considerações acerca de fórmulas aproximadas

Não foi possível ajustar fórmulas aproximadas para o dimensionamento dentro do prazo previsto para a conclusão do trabalho. Isto decorre da diferença acentuada entre a forma das curvas à medida que se eleva o índice de esbeltez. Observa-se que as curvas para $\lambda = 0$ e duas linhas de armadura têm forma semelhante, como se houvera apenas uma translação de eixos entre elas, enquanto para outros casos, as curvas são muito distintas. Ademais, esta diferença acentuada entre as curvas poderia tornar o uso destas expressões mais complexo do que a aplicação dos diagramas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o texto, foram feitas algumas considerações importantes, ao final de alguns itens ou de alguns capítulos aonde se achou indispensável fazer comentários pontuais para elucidar os objetivos da abordagem apresentada ou esclarecer as possíveis indagações suscitadas durante a sua leitura. Enfim, apresentam-se as considerações finais do trabalho, numa visão mais global, buscando realizar o encadeamento das principais idéias e demonstrar as metas atingidas com a realização deste trabalho.

Quanto ao desenvolvimento das tabelas e dos diagramas

Em suma, o desenvolvimento de tabelas e diagramas de interação é um trabalho de obtenção, organização e apresentação de dados. O que torna a tarefa de obtenção dos dados bastante árdua é a dependência da execução de métodos iterativos. Todavia, não há um meio para obtenção da relação momento-curvatura real em cada seção, nem tampouco para a consideração da não-linearidade geométrica de forma rígida, que não envolva processos de aproximações sucessivas ou de tentativas. E o objetivo do trabalho sempre foi a aplicação de métodos precisos, os quais envolvem iterações. Por este motivo, considerou-se imprescindível a implementação computacional. Sem dúvida, estes fatos justificam a elaboração dos programas computacionais desenvolvidos para a aplicação do método geral e demonstram a importância dos métodos alternativos de dimensionamento e de verificação, que sejam simples de serem executados e apresentem resultados melhores que os métodos aproximados, tais como as tabelas de interação e os diagramas apresentados neste trabalho.

Desta forma, antes de qualquer análise, a primeira etapa do trabalho foi a compreensão da teoria referente à estabilidade de pilares, buscando transformar cada conceito em algoritmos compreensíveis pelo programa utilizado para a sua implementação, sob a forma de linhas de programação. Não obstante, foi necessária uma busca incessante pela otimização das rotinas até que o programa gerasse as tabelas completas em tempo hábil. Para tanto, foram testadas e implementadas estruturas

de programação com *loopings* sucessivos e que continham inúmeras expressões condicionais. Assim, foi alcançado o objetivo almejado e se tornou possível a construção das dezenas de tabelas e diagramas propostos dentro do prazo estabelecido.

Por curiosidade, deixa-se registrado que o tempo de processamento do programa final, intitulado *GAP-PAPilar*, depois de otimizado e revisado, em processamento ininterrupto, em computadores com boa capacidade de processamento, ultrapassa seis horas. Em alguns casos, é necessário o processamento por cerca de oito horas para gerar apenas uma tabela.

Cada tabela é formada por 26 linhas e 31 colunas, totalizando 806 pontos calculados por tabela. Por sua vez, cada ponto é o resultado de uma seqüência de cálculo na qual se executa a construção da relação momento-curvatura e a determinação dos efeitos de segunda ordem por meio da analogia de Mohr para a máxima excentricidade possível. Por fim, cada tabela possibilita a confecção de apenas um diagrama de interação, isto é, um diagrama semelhante aqueles apresentados em anexo.

Quanto ao ajustamento de curvas

A possibilidade de ajustamento de curvas polinomiais ao diagrama de momento-curvatura foi proposta com o objetivo de que os resultados obtidos com a equação ajustada fossem tão bons quanto os resultados obtidos por meio da construção dos diagramas por segmentos de reta. Afinal, pode-se tentar ajustar curvas ao diagrama, de forma aleatória, com programas que apresentam a ferramenta de ajustamento, entretanto, não são obtidos bons resultados para todos os casos e nem tampouco se chega a qualquer conclusão a respeito do comportamento das curvas. Desta forma, pode-se concluir que o ajustamento proposto no trabalho é bastante sistemático, além de apresentar bons resultados.

Quanto aos dois processos apresentados, em ambos os casos, são simples aplicações de conceitos matemáticos referentes ao ajuste de curvas. Portanto, quando são respeitadas as condições de contorno e as limitações teóricas, pode-se garantir que será realizado um bom ajustamento.

Contudo, ainda é possível vislumbrar a possibilidade de novos estudos acerca do equacionamento da relação momento-curvatura, visando-se uma maior simplificação do processo, visto que o tempo

disponível durante um curso de mestrado impõe limitações ao desenvolvimento das pesquisas. Portanto, este é um tema de estudo que pode ser aprofundado em trabalhos futuros.

Quanto ao uso das tabelas e dos diagramas em substituição de métodos aproximados

O uso das tabelas e dos diagramas de interação que consideram o nível de esbeltez é uma boa alternativa de cálculo para substituir métodos aproximados, tais como as variações do método do pilar-padrão. As tabelas e os diagramas são construídos com a aplicação do método geral. Por sua vez, o método do pilar-padrão adota uma hipótese que nem sempre corresponde à realidade do pilar que está sendo calculado (hipótese da linha elástica senoidal) e depende da realização de algumas operações adicionais, além da consulta de um diagrama que determine a capacidade resistente da seção transversal. Em outras palavras, o método do pilar-padrão exige uma rotina de cálculos e, mesmo assim, ainda depende de tabelas ou diagramas com a resistência da seção transversal. Contudo, as tabelas e os diagramas com a consideração do índice de esbeltez eliminam parte dos cálculos e apresentam resultados mais econômicos que tais métodos aproximados, respeitando as condições de segurança da norma atual.

Logo, com a adoção das tabelas ou dos diagramas propostos, basta consultá-los para realizar a verificação simultânea do estado limite último de ruptura e do estado limite último de instabilidade.

Alternativas para ampliação do trabalho e idéias para trabalhos futuros

Neste trabalho, foram apresentados diagramas para pilares submetidos à flexão composta normal. Na prática de projeto, a maioria dos pilares se encontra submetido à flexão composta oblíqua. No entanto, a norma brasileira permite a verificação de pilares submetidos à flexão composta oblíqua como um pilar submetido à flexão composta normal nas duas direções principais, desde que sejam respeitadas as disposições normativas. Pretende-se estudar, em nível de doutorado, os pilares submetidos à flexão composta oblíqua com a utilização do

método geral e propor um método relativamente simples e que apresente resultados melhores que os métodos aproximados para o dimensionamento e a verificação da maioria dos pilares usuais. Portanto, devem ser gerados diagramas para flexão composta oblíqua neste trabalho futuro.

Como alternativas para ampliação do trabalho, também podem ser gerados outros diagramas de interação, para os seguintes casos:

- pilares confeccionados em concreto de alto desempenho;
- pilares de seção transversal circular ou outras formas usuais.

Em trabalhos futuros, pode ser realizado o estudo da formulação da segurança em que se calculam os esforços de segunda ordem conforme menção no item 15.3.1 da ABNT NBR 6118: 2007.

Pode ser analisada a possibilidade de inclusão da verificação dos momentos mínimos da norma nas tabelas e nos diagramas, por meio de sua idealização de forma adimensional.

Como alternativa de ampliação deste trabalho também é possível considerar os pilares esbeltos, com a inclusão da fluência.

Logo, o tema ainda se apresenta abrangente e possibilita a realização de muitas pesquisas, visando contribuir para a boa prática da engenharia e a garantia de obras duráveis, econômicas e seguras, que atendam às necessidades da sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, Eduardo Aurélio Barros. **Projeto de pilares de concreto de alto desempenho**. Dissertação de mestrado. 202 p. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo: São Carlos, 2000.

ARAÚJO, José Milton de. **Dimensionamento de pilares esbeltos de concreto armado**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil). 1984. 176 p. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 1984.

ARAÚJO, José Milton de. **Curso de concreto armado**. 2. ed. Vol. 3. Rio Grande: Dunas, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118:2003. **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118:2003/Emd.1:2007. **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Catálogo**. < <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=1125> > Acessado em: 14 de janeiro de 2011.

AUFIERO, Liliana. **Estabilidade de colunas isostáticas de concreto armado**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil). 1977. pg. 17 a 19. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 1977.

BACARJI, Edgar. **Análise de estruturas de edifícios: projeto de pilares**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia de Estruturas). 1993. 187 p. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo: São Carlos, 1993.

BORGES, Ana Cláudia Leão. **Análise de pilares esbeltos de concreto armado solicitados à flexo-compressão oblíqua**. 1999. 98 p. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo: São Carlos, 1999.

BUENO, Mônica Maria Emerenciano. **Avaliação dos parâmetros de instabilidade global em estruturas de concreto armado**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). 2009. 88 p. Universidade de Brasília: Brasília, 2009.

CAMPOS FILHO, Américo. **Análise de pilares de concreto armado submetidos à flexo-compressão oblíqua**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil). 1982. 125 p. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 1982.

CARMO, Regina Maria dos Santos. **Efeitos de segunda ordem em edifícios usuais de concreto armado**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia de Estruturas). 1995. 135 p. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo: São Carlos, 1995.

COMITÊ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO (CEN). **EN 1990:2002. Eurocódigo – Bases para o projecto de estruturas**. Versão portuguesa. Tradução do Instituto Português da Qualidade. 2009.

COMITÊ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO (CEN). **EN 1992:2004. Eurocódigo 2 – Projecto de estruturas de betão**. Versão portuguesa. Tradução do Instituto Português da Qualidade. 2010.

FUSCO, Pércles Brasiense. **Estruturas de concreto: solicitações normais**. Rio de Janeiro: LTC, 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO (IBRACON). **Comentários técnicos e exemplos de aplicação da NB-1. NBR 6118: 2003 Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. São Paulo: IBRACON, 2007.

KETTERMANN, Adriana Carla. **Efeito da deformabilidade dos pilares no estudo do estado limite último de instabilidade**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil). 2002. 196 p. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2002.

LORIGGIO, Daniel Domingues. **Notas de aula de Instabilidade de Estruturas**. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2009.

MALAKOSKI, Joice. **Pilares esbeltos de concreto armado com seção variável**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia de Estruturas). 1998. 175 p. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo: São Carlos, 1998.

MONTOYA, Pedro Jiménez. MESEGUER, Álvaro García. CABRÉ, Francisco Morán. **Hormigón Armado**. 12 ed. Vol. 1 e 2. Barcelona: Gustavo Gili, 1987.

RUSCH, Hubert. **Concreto armado e protendido: propriedades dos materiais e dimensionamento**. Do original: *Stahlbeton spannbeton, band 1*. Tradução de Yára Penha Melichar. Rio de Janeiro: Campus, 1981.

SANTOS, Lauro Modesto dos. **Cálculo de concreto armado, segundo a nova NB-1 e o CEB**. São Paulo: LMS, 1983.

SMANIOTTO, Alberto. **Dimensionamento e detalhamento automático de pilares retangulares submetidos à flexão composta oblíqua**. 2005. 220 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

SPIEGEL, Murray Ralph. **Probabilidade e estatística**. Tradução de Alfredo Alves de Farias. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978. (Coleção Schaum)

SUSSEKIND, José Carlos. **Curso de análise estrutural**. Vol. 2. 3. ed. Porto Alegre: Globo, 1979.

ZAGOTTIS, Décio Leal de. **Introdução à teoria das estruturas**. Capítulo 10: Estabilidade e instabilidade do equilíbrio das estruturas. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: São Paulo, 1980.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ACI Committee 318. **Building code requirements for structural concrete (ACI 318-05) and commentary (ACI 318R-05)**. 2005.

ALVES, Sandra Denise Kruger. **Notas de aula de Concreto Armado I e II**. Universidade do Estado de Santa Catarina: Joinville: 2007.

AUFIERI, Fábio Augusto. **Diretrizes para o dimensionamento e detalhamento de pilares de edifícios em concreto armado**. 1997. 146 p. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo: São Carlos, 1997.

CARVALHO, Roberto Chust; PINHEIRO, Libânio Miranda. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. Vol. 2. São Paulo: PINI, 2009.

COMITE EURO-INTERNACIONAL DU BETON. **CEB-FIP Model Code 1990**.

FORD JUNIOR, Jerry Lee. **Beginning Real Basic: from novice to professional**. Apres. U.S.A. 2006.

MONTOYA, Pedro Jiménez. MESEGUER, Álvaro García. CABRÉ, Francisco Morán. **Hormigón Armado**. 14 ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2000.

OLIVEIRA, Patrícia Helena de Andrade Sartori. **Processo aproximado para consideração da não-linearidade física de pilares em concreto armado**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil). 2004. 125 p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: São Paulo, 2004.

PINHEIRO, Libânio Miranda. BARALDI, Lívio Túlio. POREM, Marcelo Eduardo. **Concreto armado: ábacos para flexão oblíqua**. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1994.

PFEIL, Walter. **Concreto armado**. Vol. 2. Rio de Janeiro: LTC, 1988.

REAL SOFTWARE, Inc. **User`s guide**. Real Basic 2009 Release 4 User`s Guide. U.S.A. 2009.

RIBEIRO, Kleyser. **Dimensionamento de pilares intermediários de concreto de alto desempenho (CAD) e análise da viabilidade de sua utilização em edifícios**. 2008. 225 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade do Estado de Santa Catarina: Joinville, 2008.

ROCHA, Aderson Moreira da. **Curso prático de concreto armado**. São Paulo: Nobel, 1986.

SUSSEKIND, José Carlos. **Curso de concreto**. Vol. 2. São Paulo: Globo, 1991.

TIMOSHENKO, S. P. GERE, J. E. **Mecânica dos sólidos**. Rio de Janeiro: LTC, 1983.

ZANATO, Gustavo André. **Desempenho de reforços em pilares esbeltos de concreto armado: análise numérico-experimental**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 1999.

ANEXO

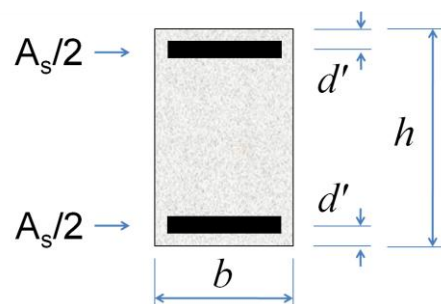
Neste anexo, são apresentados as tabelas e os diagramas desenvolvidos no trabalho, em sua versão definitiva. Possíveis dúvidas na sua compreensão ou na sua utilização podem ser esclarecidas com a leitura dos Capítulos 7 e 8.

As tabelas e os diagramas são válidos para os casos de pilares bi-apoiados com momentos fletores iguais nas extremidades, sendo que este é o caso mais crítico na verificação de pilares bi-apoiados. São válidos também para pilares engastados na base e livres no topo.

Realizou-se a opção por diagramas compostos por segmentos de reta, por considerá-los menos tendenciosos a erros do que os diagramas com linhas suavizadas, mas salienta-se que, como os pontos estão bastante próximos, há pouca diferença entre ambos.

As seções transversais genéricas, para os casos em que são válidos as tabelas e os diagramas, encontram-se apresentadas nos respectivos cabeçalhos, assim como as expressões a serem consideradas para o cálculo do esforço normal adimensional, do momento fletor adimensional e da área de armadura.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,10$ e $\lambda = 0$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

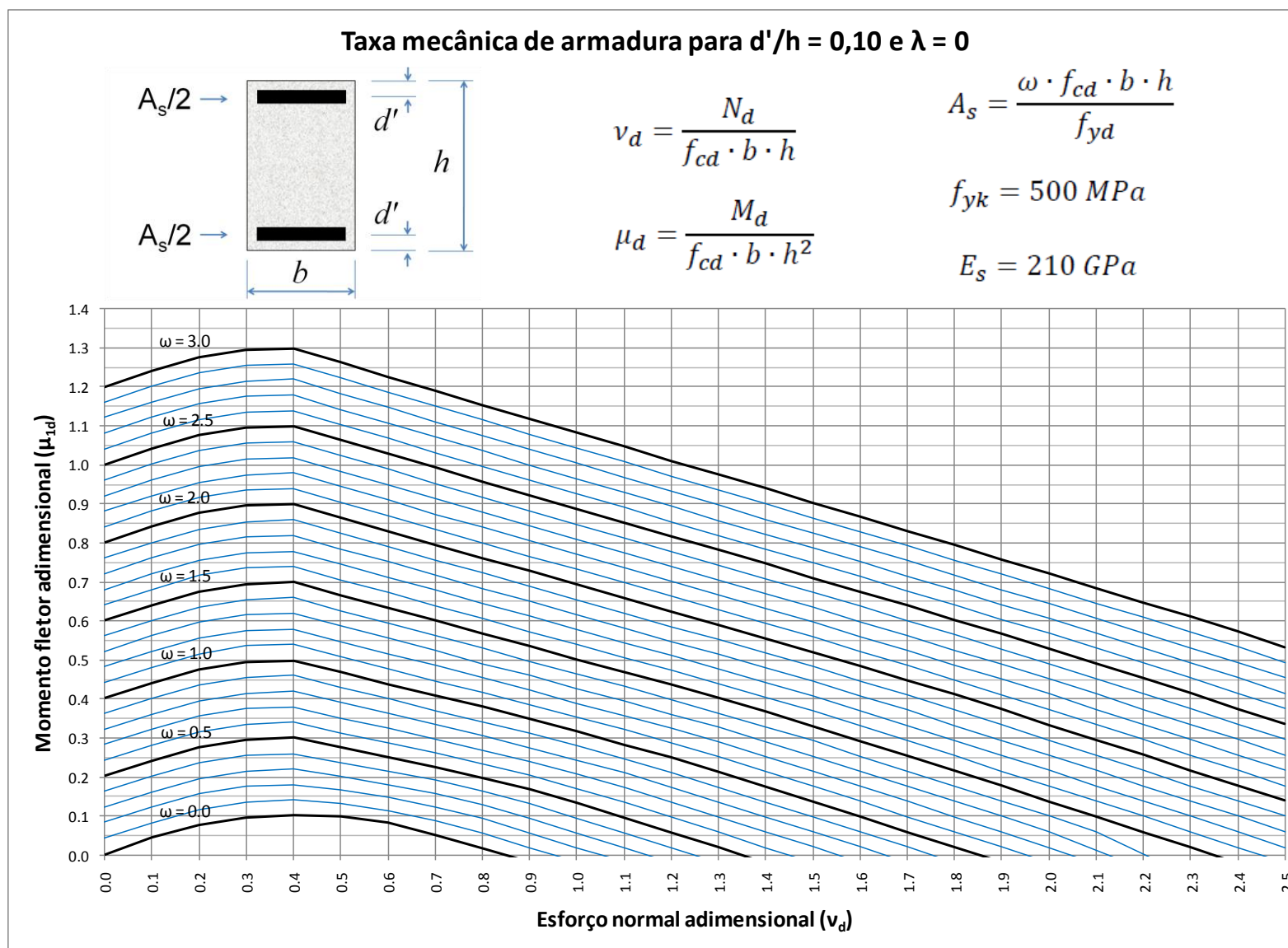
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

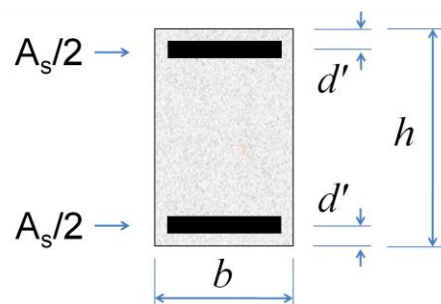
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.043	0.084	0.124	0.163	0.203	0.243	0.283	0.322	0.362	0.402	0.442	0.482	0.522	0.562	0.602	0.642	0.681	0.721	0.761	0.801	0.841	0.881	0.921	0.961	1.001	1.041	1.081	1.121	1.161	1.201
$v = 0.1$	0.044	0.083	0.123	0.162	0.202	0.242	0.282	0.321	0.361	0.401	0.441	0.481	0.521	0.561	0.601	0.641	0.681	0.721	0.761	0.801	0.841	0.881	0.921	0.961	1.001	1.041	1.081	1.121	1.161	1.201	1.241
$v = 0.2$	0.076	0.116	0.156	0.196	0.236	0.276	0.316	0.356	0.396	0.436	0.476	0.516	0.556	0.596	0.636	0.676	0.716	0.756	0.796	0.836	0.876	0.916	0.956	0.996	1.036	1.076	1.116	1.156	1.196	1.236	1.276
$v = 0.3$	0.096	0.136	0.176	0.216	0.256	0.295	0.335	0.375	0.415	0.456	0.496	0.536	0.575	0.615	0.655	0.695	0.736	0.776	0.816	0.855	0.895	0.935	0.975	1.015	1.056	1.096	1.135	1.175	1.215	1.256	1.296
$v = 0.4$	0.103	0.142	0.181	0.221	0.260	0.300	0.340	0.380	0.420	0.460	0.499	0.539	0.579	0.619	0.659	0.699	0.739	0.779	0.819	0.859	0.899	0.939	0.979	1.019	1.059	1.099	1.139	1.179	1.219	1.259	1.299
$v = 0.5$	0.099	0.131	0.166	0.201	0.238	0.276	0.314	0.352	0.391	0.430	0.469	0.508	0.548	0.587	0.627	0.666	0.706	0.745	0.785	0.825	0.864	0.904	0.944	0.984	1.024	1.063	1.103	1.143	1.183	1.223	1.263
$v = 0.6$	0.082	0.114	0.147	0.181	0.215	0.251	0.288	0.325	0.363	0.401	0.439	0.478	0.516	0.555	0.594	0.633	0.673	0.712	0.751	0.791	0.830	0.870	0.909	0.949	0.988	1.028	1.068	1.107	1.147	1.187	1.226
$v = 0.7$	0.053	0.089	0.123	0.157	0.191	0.226	0.261	0.297	0.334	0.371	0.409	0.447	0.485	0.523	0.562	0.601	0.639	0.678	0.717	0.756	0.796	0.835	0.874	0.914	0.953	0.993	1.032	1.072	1.111	1.151	1.190
$v = 0.8$	0.018	0.055	0.093	0.128	0.163	0.198	0.233	0.269	0.305	0.342	0.379	0.416	0.454	0.491	0.530	0.568	0.606	0.645	0.684	0.723	0.761	0.800	0.840	0.879	0.918	0.957	0.997	1.036	1.075	1.115	1.154
$v = 0.9$		0.019	0.056	0.094	0.132	0.168	0.204	0.239	0.275	0.311	0.348	0.385	0.422	0.460	0.497	0.535	0.573	0.612	0.650	0.689	0.727	0.766	0.805	0.844	0.883	0.922	0.961	1.000	1.040	1.079	1.118
$v = 1.0$			0.019	0.057	0.095	0.133	0.171	0.207	0.244	0.280	0.317	0.353	0.390	0.427	0.465	0.502	0.540	0.578	0.616	0.655	0.693	0.732	0.770	0.809	0.848	0.887	0.926	0.965	1.004	1.044	1.082
$v = 1.1$				0.019	0.057	0.096	0.134	0.173	0.210	0.247	0.284	0.321	0.358	0.395	0.432	0.469	0.507	0.545	0.582	0.621	0.659	0.697	0.736	0.774	0.813	0.852	0.890	0.929	0.968	1.008	1.047
$v = 1.2$					0.019	0.058	0.096	0.135	0.174	0.212	0.250	0.287	0.324	0.361	0.398	0.436	0.473	0.511	0.548	0.586	0.624	0.663	0.701	0.739	0.778	0.816	0.855	0.894	0.933	0.972	1.011
$v = 1.3$						0.019	0.058	0.097	0.136	0.174	0.213	0.252	0.289	0.327	0.364	0.402	0.439	0.477	0.514	0.552	0.590	0.628	0.666	0.704	0.743	0.781	0.820	0.858	0.897	0.936	0.975
$v = 1.4$							0.019	0.059	0.097	0.136	0.175	0.214	0.253	0.291	0.329	0.367	0.404	0.442	0.480	0.517	0.555	0.593	0.631	0.669	0.707	0.746	0.784	0.823	0.861	0.900	0.939
$v = 1.5$								0.020	0.059	0.098	0.137	0.176	0.215	0.254	0.293	0.331	0.369	0.407	0.444	0.482	0.520	0.558	0.596	0.634	0.672	0.710	0.749	0.787	0.826	0.864	0.903
$v = 1.6$									0.020	0.059	0.098	0.137	0.176	0.215	0.254	0.293	0.332	0.370	0.408	0.446	0.484	0.522	0.560	0.598	0.637	0.675	0.713	0.751	0.790	0.829	0.867
$v = 1.7$										0.020	0.059	0.098	0.137	0.176	0.216	0.255	0.294	0.333	0.372	0.410	0.448	0.486	0.524	0.562	0.601	0.639	0.677	0.715	0.754	0.792	0.831
$v = 1.8$											0.020	0.059	0.098	0.138	0.177	0.216	0.255	0.294	0.333	0.373	0.411	0.450	0.488	0.526	0.565	0.603	0.641	0.679	0.718	0.756	0.794
$v = 1.9$												0.020	0.059	0.099	0.138	0.177	0.216	0.255	0.295	0.334	0.373	0.412	0.451	0.489	0.528	0.566	0.605	0.643	0.681	0.720	0.758
$v = 2.0$													0.018	0.059	0.099	0.138	0.177	0.217	0.256	0.295	0.334	0.374	0.413	0.452	0.491	0.529	0.568	0.606	0.645	0.683	0.721
$v = 2.1$														0.011	0.059	0.099	0.138	0.178	0.217	0.256	0.295	0.335	0.374	0.413	0.453	0.492	0.530	0.569	0.608	0.646	0.685
$v = 2.2$															0.003	0.059	0.099	0.138	0.178	0.217	0.256	0.296	0.335	0.374	0.414	0.453	0.493	0.531	0.570	0.609	0.647
$v = 2.3$																0.059	0.099	0.138	0.178	0.217	0.257	0.296	0.335	0.375	0.414	0.454	0.493	0.532	0.571	0.610	
$v = 2.4$																	0.059	0.099	0.139	0.178	0.217	0.257	0.296	0.336	0.375	0.415	0.454	0.493	0.533	0.572	
$v = 2.5$																		0.059	0.099	0.139	0.178	0.218	0.257	0.297	0.336	0.375	0.415	0.454	0.494	0.533	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,10$ e $\lambda = 30$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

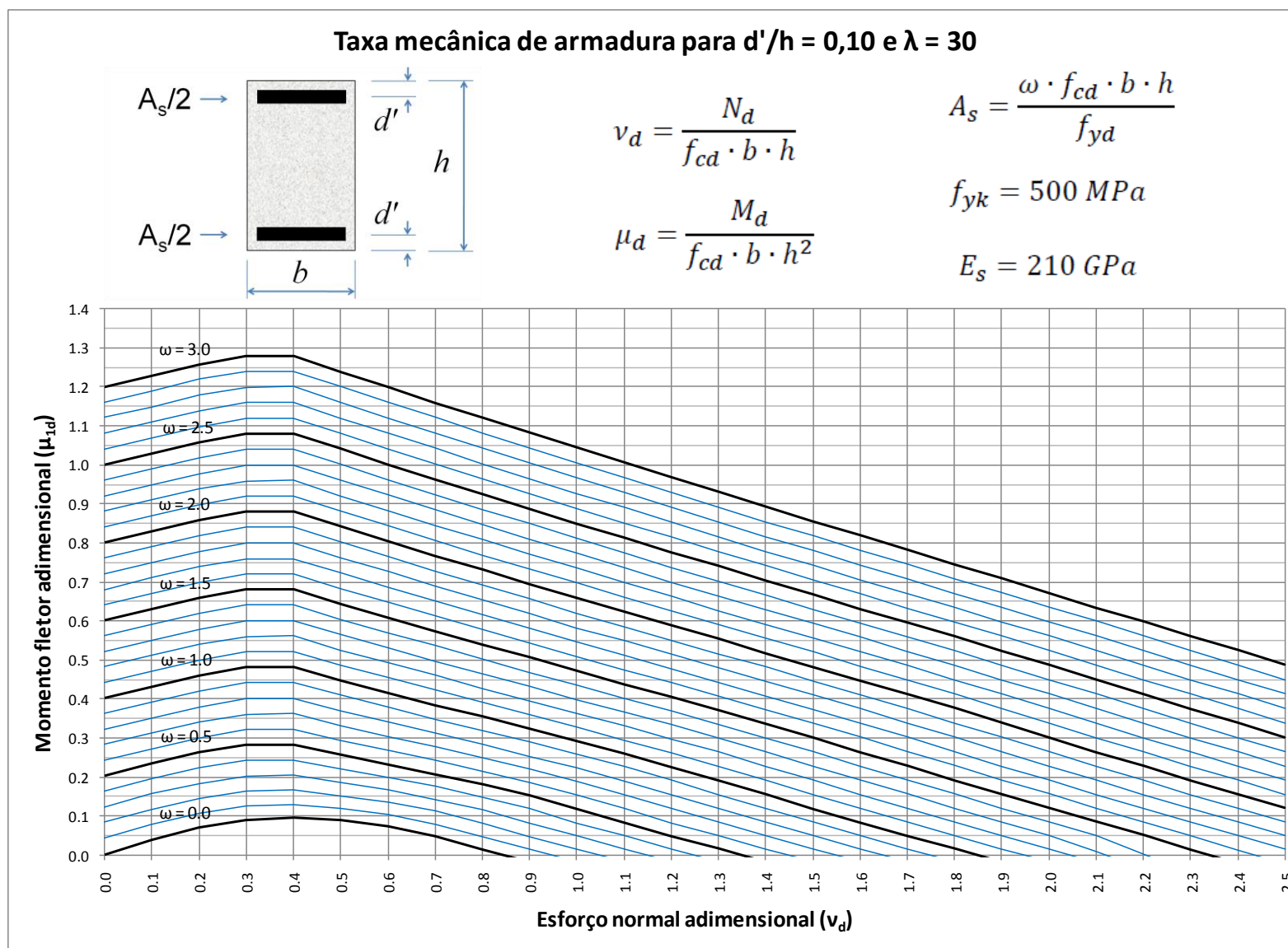
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yk}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

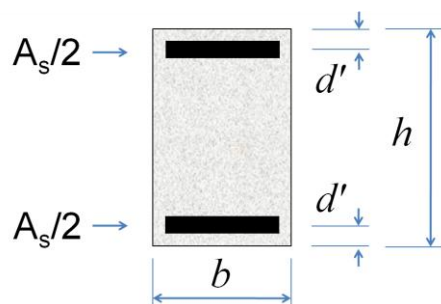
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\mathbf{v} = 0.0$	0.000	0.043	0.084	0.124	0.163	0.203	0.243	0.283	0.322	0.362	0.402	0.442	0.482	0.522	0.562	0.602	0.642	0.681	0.721	0.761	0.801	0.841	0.881	0.921	0.961	1.001	1.041	1.081	1.121	1.161	1.201
$\mathbf{v} = 0.1$	0.039	0.078	0.117	0.156	0.195	0.234	0.273	0.313	0.352	0.392	0.431	0.471	0.511	0.551	0.590	0.630	0.670	0.710	0.750	0.790	0.830	0.870	0.910	0.949	0.989	1.029	1.069	1.109	1.149	1.189	1.229
$\mathbf{v} = 0.2$	0.069	0.107	0.145	0.184	0.223	0.262	0.301	0.341	0.380	0.420	0.460	0.500	0.539	0.579	0.619	0.659	0.699	0.739	0.779	0.819	0.859	0.899	0.938	0.978	1.018	1.058	1.098	1.138	1.178	1.219	1.258
$\mathbf{v} = 0.3$	0.088	0.125	0.163	0.203	0.242	0.282	0.322	0.361	0.401	0.441	0.481	0.520	0.560	0.600	0.640	0.680	0.720	0.760	0.800	0.840	0.880	0.920	0.959	0.999	1.039	1.079	1.119	1.159	1.199	1.240	1.279
$\mathbf{v} = 0.4$	0.096	0.130	0.167	0.205	0.243	0.283	0.322	0.362	0.401	0.441	0.481	0.521	0.561	0.601	0.641	0.680	0.720	0.760	0.800	0.840	0.880	0.920	0.960	1.000	1.040	1.080	1.120	1.160	1.200	1.240	1.280
$\mathbf{v} = 0.5$	0.091	0.121	0.152	0.186	0.221	0.258	0.295	0.333	0.371	0.410	0.448	0.487	0.526	0.566	0.605	0.644	0.684	0.723	0.763	0.802	0.842	0.882	0.921	0.961	1.001	1.041	1.080	1.120	1.160	1.200	1.239
$\mathbf{v} = 0.6$	0.074	0.104	0.135	0.166	0.199	0.233	0.268	0.304	0.341	0.379	0.416	0.454	0.493	0.531	0.570	0.609	0.648	0.687	0.726	0.765	0.804	0.844	0.883	0.922	0.962	1.002	1.041	1.081	1.120	1.160	1.200
$\mathbf{v} = 0.7$	0.047	0.080	0.112	0.143	0.175	0.208	0.242	0.277	0.312	0.348	0.385	0.422	0.460	0.497	0.536	0.574	0.612	0.651	0.690	0.728	0.767	0.806	0.845	0.884	0.924	0.963	1.002	1.042	1.081	1.121	1.160
$\mathbf{v} = 0.8$	0.015	0.048	0.082	0.116	0.148	0.181	0.215	0.249	0.283	0.319	0.354	0.391	0.427	0.464	0.502	0.540	0.577	0.616	0.654	0.692	0.731	0.769	0.808	0.847	0.886	0.925	0.964	1.003	1.043	1.082	1.121
$\mathbf{v} = 0.9$		0.015	0.048	0.083	0.118	0.152	0.186	0.220	0.254	0.289	0.324	0.359	0.395	0.432	0.468	0.506	0.543	0.580	0.618	0.656	0.694	0.733	0.771	0.810	0.849	0.887	0.926	0.965	1.004	1.043	1.082
$\mathbf{v} = 1.0$			0.016	0.049	0.083	0.119	0.154	0.189	0.223	0.258	0.293	0.328	0.363	0.399	0.435	0.472	0.509	0.546	0.583	0.621	0.659	0.697	0.735	0.773	0.811	0.850	0.888	0.927	0.966	1.005	1.044
$\mathbf{v} = 1.1$				0.016	0.049	0.084	0.119	0.155	0.190	0.226	0.261	0.295	0.331	0.366	0.402	0.439	0.475	0.512	0.549	0.586	0.623	0.661	0.699	0.737	0.775	0.813	0.851	0.890	0.928	0.967	1.006
$\mathbf{v} = 1.2$					0.016	0.049	0.083	0.119	0.155	0.191	0.227	0.262	0.298	0.334	0.369	0.405	0.441	0.478	0.514	0.551	0.588	0.625	0.663	0.700	0.738	0.776	0.815	0.852	0.891	0.930	0.968
$\mathbf{v} = 1.3$						0.016	0.049	0.084	0.119	0.155	0.192	0.228	0.264	0.300	0.336	0.371	0.407	0.443	0.480	0.516	0.553	0.590	0.627	0.665	0.702	0.740	0.778	0.815	0.854	0.892	0.931
$\mathbf{v} = 1.4$							0.016	0.050	0.084	0.120	0.155	0.192	0.228	0.265	0.301	0.337	0.373	0.409	0.445	0.482	0.518	0.555	0.592	0.629	0.667	0.704	0.742	0.779	0.816	0.855	0.893
$\mathbf{v} = 1.5$								0.016	0.050	0.084	0.119	0.155	0.192	0.228	0.266	0.302	0.338	0.374	0.410	0.447	0.483	0.520	0.557	0.593	0.630	0.668	0.705	0.743	0.780	0.819	0.856
$\mathbf{v} = 1.6$									0.016	0.050	0.084	0.119	0.155	0.192	0.228	0.265	0.302	0.339	0.375	0.411	0.448	0.484	0.521	0.558	0.595	0.631	0.669	0.706	0.743	0.782	0.819
$\mathbf{v} = 1.7$										0.016	0.049	0.084	0.120	0.156	0.191	0.228	0.265	0.302	0.339	0.376	0.412	0.449	0.485	0.522	0.559	0.596	0.633	0.670	0.707	0.745	0.782
$\mathbf{v} = 1.8$											0.016	0.050	0.085	0.120	0.156	0.192	0.229	0.265	0.302	0.339	0.376	0.413	0.449	0.486	0.523	0.560	0.597	0.634	0.671	0.708	0.745
$\mathbf{v} = 1.9$												0.016	0.049	0.085	0.120	0.156	0.192	0.228	0.265	0.302	0.339	0.376	0.413	0.450	0.487	0.524	0.561	0.598	0.635	0.672	0.709
$\mathbf{v} = 2.0$													0.014	0.050	0.085	0.120	0.156	0.192	0.228	0.265	0.302	0.339	0.376	0.413	0.450	0.487	0.524	0.561	0.598	0.635	0.672
$\mathbf{v} = 2.1$														0.008	0.050	0.085	0.120	0.155	0.191	0.228	0.265	0.301	0.338	0.376	0.414	0.451	0.487	0.525	0.562	0.599	0.635
$\mathbf{v} = 2.2$															0.002	0.050	0.085	0.120	0.155	0.191	0.228	0.264	0.301	0.339	0.375	0.413	0.450	0.487	0.525	0.562	0.600
$\mathbf{v} = 2.3$																0.049	0.085	0.120	0.155	0.192	0.228	0.265	0.301	0.338	0.375	0.413	0.450	0.488	0.526	0.562	
$\mathbf{v} = 2.4$																	0.050	0.085	0.120	0.156	0.192	0.228	0.264	0.301	0.338	0.376	0.413	0.450	0.487	0.525	
$\mathbf{v} = 2.5$																		0.050	0.085	0.120	0.155	0.191	0.228	0.264	0.301	0.338	0.375	0.413	0.450	0.488	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,10$ e $\lambda = 60$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

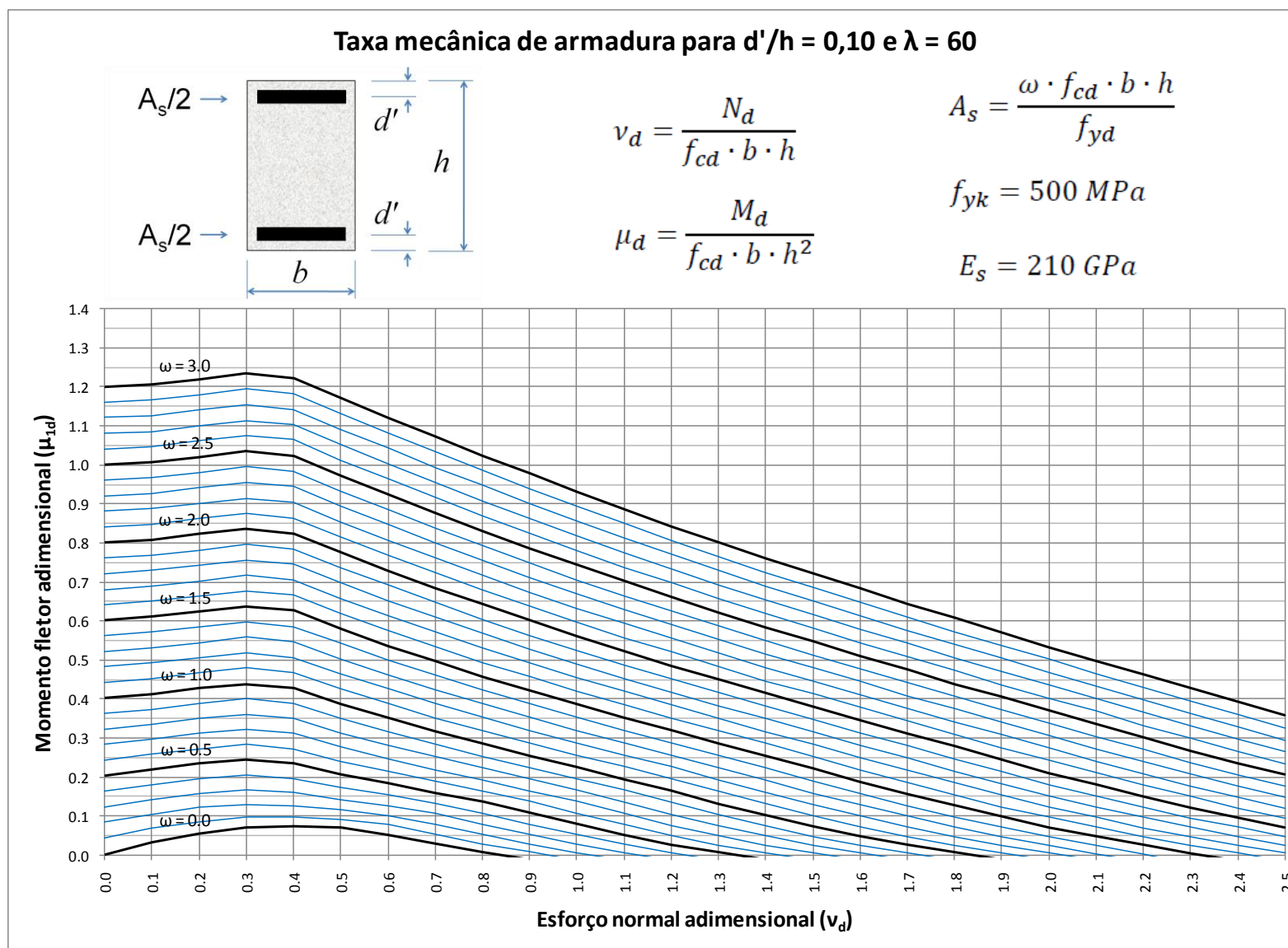
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

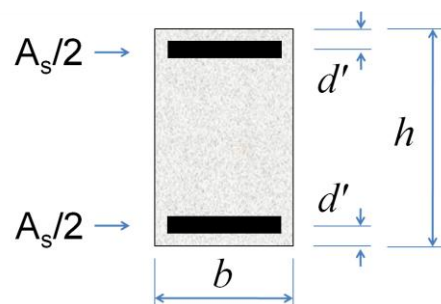
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.043	0.084	0.124	0.163	0.203	0.243	0.283	0.322	0.362	0.402	0.442	0.482	0.522	0.562	0.602	0.642	0.681	0.721	0.761	0.801	0.841	0.881	0.921	0.961	1.001	1.041	1.081	1.121	1.161	1.201
$v = 0.1$	0.033	0.068	0.105	0.143	0.181	0.219	0.258	0.297	0.335	0.374	0.413	0.452	0.492	0.531	0.571	0.610	0.650	0.689	0.729	0.768	0.808	0.848	0.887	0.927	0.967	1.007	1.047	1.086	1.126	1.166	1.206
$v = 0.2$	0.055	0.086	0.122	0.159	0.196	0.234	0.273	0.311	0.350	0.389	0.428	0.467	0.506	0.545	0.585	0.624	0.664	0.703	0.743	0.782	0.822	0.862	0.902	0.941	0.981	1.021	1.061	1.100	1.140	1.180	1.220
$v = 0.3$	0.070	0.096	0.130	0.167	0.206	0.244	0.283	0.322	0.361	0.400	0.439	0.479	0.518	0.558	0.597	0.637	0.677	0.716	0.756	0.796	0.836	0.875	0.915	0.955	0.995	1.035	1.075	1.114	1.154	1.194	1.234
$v = 0.4$	0.075	0.098	0.127	0.161	0.197	0.234	0.272	0.311	0.350	0.389	0.428	0.468	0.507	0.546	0.586	0.626	0.666	0.705	0.745	0.785	0.825	0.864	0.904	0.944	0.984	1.024	1.064	1.104	1.143	1.184	1.223
$v = 0.5$	0.070	0.092	0.116	0.143	0.174	0.207	0.241	0.277	0.314	0.351	0.388	0.426	0.464	0.503	0.542	0.580	0.619	0.658	0.698	0.737	0.776	0.816	0.855	0.894	0.934	0.973	1.013	1.053	1.092	1.132	1.171
$v = 0.6$	0.053	0.077	0.101	0.126	0.153	0.183	0.214	0.247	0.281	0.316	0.352	0.388	0.425	0.462	0.500	0.537	0.576	0.614	0.652	0.691	0.730	0.768	0.807	0.846	0.885	0.924	0.964	1.003	1.042	1.082	1.121
$v = 0.7$	0.029	0.054	0.080	0.106	0.132	0.160	0.189	0.219	0.251	0.284	0.318	0.352	0.388	0.423	0.460	0.497	0.534	0.571	0.609	0.647	0.685	0.723	0.761	0.800	0.838	0.877	0.916	0.955	0.994	1.033	1.072
$v = 0.8$	0.008	0.028	0.054	0.080	0.108	0.136	0.164	0.193	0.223	0.254	0.286	0.319	0.353	0.387	0.422	0.458	0.494	0.531	0.568	0.604	0.642	0.679	0.717	0.755	0.793	0.831	0.869	0.908	0.947	0.985	1.024
$v = 0.9$		0.008	0.028	0.053	0.080	0.108	0.137	0.165	0.195	0.225	0.255	0.287	0.320	0.353	0.387	0.421	0.457	0.492	0.528	0.564	0.601	0.637	0.674	0.711	0.749	0.787	0.824	0.863	0.900	0.939	0.977
$v = 1.0$			0.007	0.027	0.052	0.079	0.107	0.137	0.166	0.196	0.226	0.257	0.288	0.320	0.353	0.386	0.420	0.455	0.490	0.525	0.561	0.597	0.633	0.670	0.706	0.744	0.781	0.818	0.856	0.894	0.931
$v = 1.1$				0.007	0.027	0.051	0.077	0.106	0.135	0.166	0.195	0.226	0.256	0.288	0.320	0.352	0.385	0.419	0.453	0.488	0.522	0.557	0.593	0.629	0.665	0.702	0.738	0.775	0.813	0.850	0.888
$v = 1.2$					0.007	0.026	0.050	0.076	0.104	0.134	0.164	0.194	0.226	0.256	0.288	0.319	0.352	0.384	0.418	0.451	0.486	0.520	0.555	0.590	0.625	0.661	0.697	0.734	0.771	0.807	0.844
$v = 1.3$						0.007	0.026	0.049	0.075	0.103	0.132	0.163	0.193	0.224	0.256	0.287	0.319	0.350	0.383	0.416	0.449	0.483	0.518	0.552	0.587	0.622	0.657	0.693	0.730	0.766	0.802
$v = 1.4$							0.007	0.026	0.049	0.074	0.102	0.131	0.161	0.192	0.223	0.254	0.286	0.317	0.349	0.382	0.415	0.447	0.481	0.515	0.550	0.584	0.619	0.654	0.690	0.725	0.761
$v = 1.5$								0.007	0.026	0.048	0.074	0.101	0.129	0.159	0.190	0.221	0.252	0.284	0.316	0.348	0.380	0.413	0.446	0.479	0.512	0.547	0.581	0.616	0.650	0.686	0.721
$v = 1.6$									0.007	0.026	0.048	0.073	0.099	0.128	0.158	0.188	0.219	0.250	0.282	0.314	0.346	0.379	0.411	0.444	0.477	0.511	0.544	0.579	0.613	0.647	0.683
$v = 1.7$										0.007	0.026	0.048	0.072	0.099	0.127	0.156	0.186	0.217	0.248	0.280	0.312	0.344	0.377	0.409	0.442	0.474	0.508	0.542	0.576	0.610	0.644
$v = 1.8$											0.007	0.026	0.048	0.072	0.098	0.126	0.155	0.185	0.215	0.247	0.278	0.310	0.342	0.375	0.407	0.439	0.473	0.506	0.539	0.573	0.607
$v = 1.9$												0.007	0.026	0.048	0.071	0.098	0.124	0.153	0.182	0.213	0.244	0.276	0.308	0.340	0.372	0.405	0.437	0.470	0.504	0.537	0.570
$v = 2.0$													0.006	0.026	0.047	0.071	0.097	0.124	0.152	0.181	0.211	0.242	0.274	0.305	0.337	0.370	0.402	0.435	0.468	0.501	0.534
$v = 2.1$														0.004	0.026	0.047	0.071	0.097	0.123	0.151	0.180	0.210	0.241	0.272	0.304	0.335	0.368	0.400	0.433	0.465	0.498
$v = 2.2$															0.001	0.026	0.047	0.070	0.096	0.122	0.151	0.179	0.208	0.239	0.270	0.301	0.333	0.365	0.397	0.430	0.463
$v = 2.3$																0.026	0.047	0.071	0.095	0.122	0.150	0.178	0.207	0.237	0.268	0.299	0.331	0.362	0.396	0.428	
$v = 2.4$																	0.026	0.048	0.071	0.096	0.121	0.149	0.176	0.206	0.235	0.266	0.296	0.329	0.361	0.392	
$v = 2.5$																		0.026	0.048	0.070	0.095	0.121	0.148	0.176	0.205	0.234	0.264	0.295	0.326	0.359	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,10$ e $\lambda = 90$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

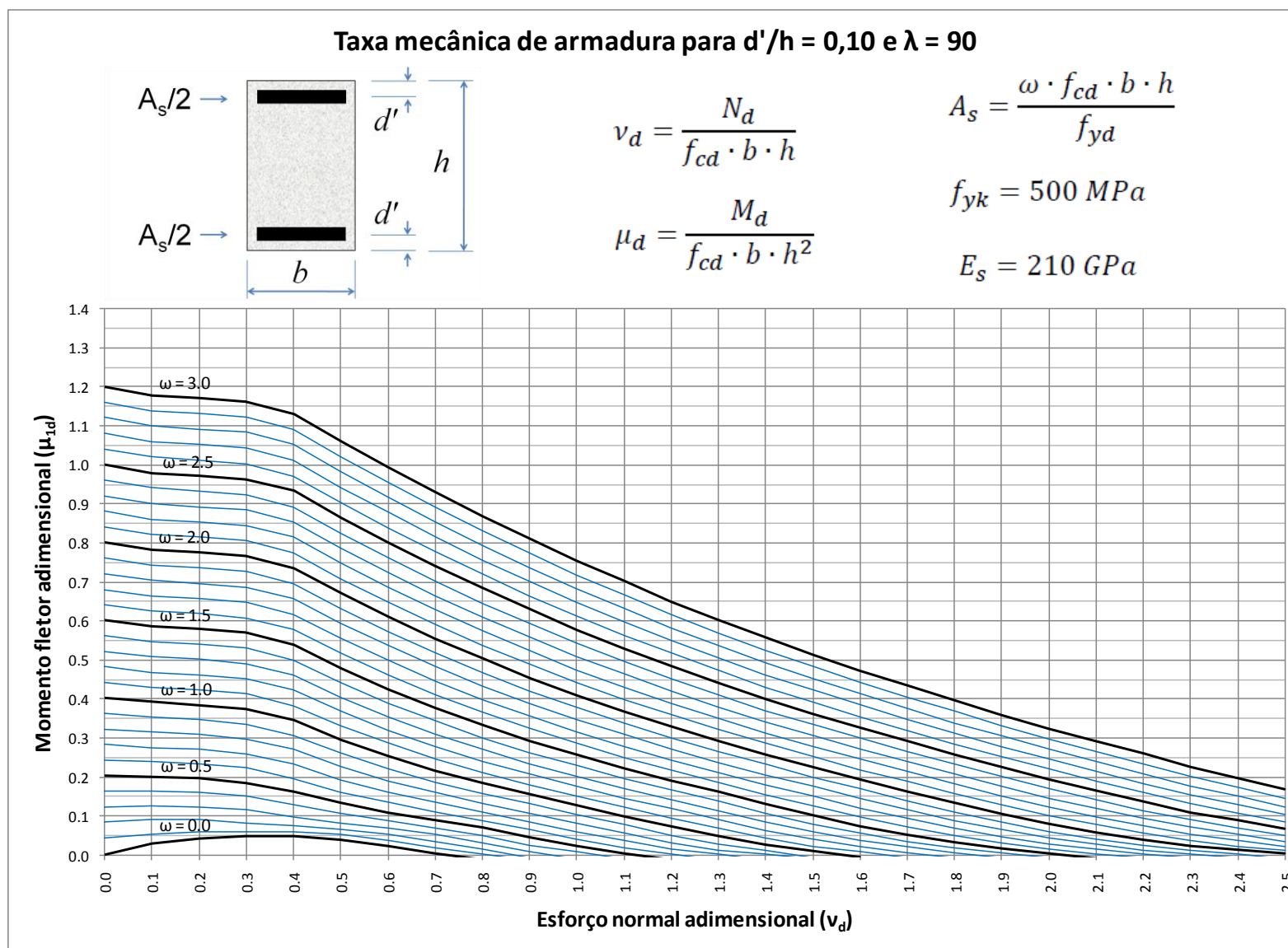
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

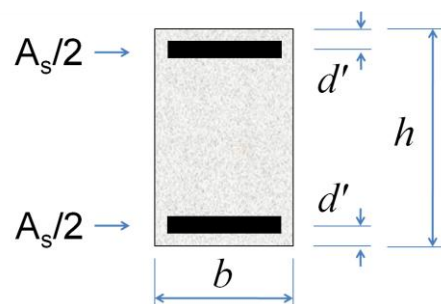
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\nu = 0.0$	0.000	0.043	0.084	0.124	0.163	0.203	0.243	0.283	0.322	0.362	0.402	0.442	0.482	0.522	0.562	0.602	0.642	0.681	0.721	0.761	0.801	0.841	0.881	0.921	0.961	1.001	1.041	1.081	1.121	1.161	1.201
$\nu = 0.1$	0.028	0.054	0.090	0.126	0.163	0.201	0.239	0.276	0.315	0.353	0.392	0.430	0.469	0.508	0.547	0.586	0.625	0.664	0.704	0.743	0.782	0.822	0.861	0.901	0.941	0.980	1.020	1.059	1.099	1.139	1.178
$\nu = 0.2$	0.043	0.058	0.090	0.124	0.160	0.196	0.233	0.271	0.309	0.347	0.385	0.424	0.462	0.501	0.540	0.579	0.618	0.657	0.696	0.736	0.775	0.814	0.854	0.893	0.933	0.972	1.012	1.052	1.091	1.131	1.171
$\nu = 0.3$	0.049	0.060	0.083	0.115	0.150	0.186	0.223	0.260	0.298	0.336	0.374	0.413	0.452	0.491	0.530	0.569	0.608	0.647	0.687	0.726	0.766	0.805	0.845	0.884	0.924	0.964	1.003	1.043	1.083	1.123	1.162
$\nu = 0.4$	0.047	0.059	0.074	0.098	0.129	0.162	0.197	0.233	0.270	0.307	0.345	0.383	0.422	0.461	0.499	0.538	0.578	0.617	0.656	0.696	0.735	0.775	0.814	0.854	0.893	0.933	0.972	1.012	1.052	1.092	1.131
$\nu = 0.5$	0.039	0.052	0.066	0.083	0.106	0.133	0.162	0.193	0.226	0.261	0.296	0.332	0.368	0.405	0.442	0.480	0.518	0.556	0.594	0.632	0.671	0.709	0.748	0.787	0.826	0.865	0.904	0.943	0.982	1.022	1.061
$\nu = 0.6$	0.022	0.038	0.053	0.070	0.088	0.110	0.135	0.162	0.190	0.221	0.253	0.286	0.320	0.355	0.390	0.426	0.462	0.499	0.536	0.573	0.611	0.648	0.686	0.724	0.763	0.801	0.839	0.878	0.916	0.955	0.994
$\nu = 0.7$	0.005	0.018	0.035	0.053	0.070	0.090	0.111	0.134	0.160	0.187	0.216	0.247	0.278	0.310	0.344	0.378	0.412	0.447	0.483	0.518	0.555	0.591	0.628	0.665	0.703	0.740	0.778	0.815	0.854	0.892	0.930
$\nu = 0.8$		0.002	0.014	0.030	0.049	0.069	0.089	0.110	0.133	0.158	0.184	0.211	0.241	0.271	0.301	0.333	0.366	0.399	0.433	0.468	0.503	0.538	0.574	0.610	0.646	0.683	0.720	0.756	0.794	0.831	0.869
$\nu = 0.9$				0.010	0.026	0.045	0.065	0.086	0.108	0.131	0.155	0.180	0.207	0.235	0.263	0.293	0.324	0.356	0.388	0.421	0.454	0.489	0.523	0.558	0.593	0.629	0.665	0.701	0.737	0.774	0.810
$\nu = 1.0$					0.008	0.022	0.040	0.061	0.082	0.104	0.127	0.151	0.176	0.202	0.229	0.257	0.286	0.316	0.346	0.378	0.410	0.442	0.475	0.509	0.543	0.577	0.612	0.647	0.683	0.719	0.754
$\nu = 1.1$						0.005	0.019	0.036	0.056	0.078	0.100	0.123	0.146	0.171	0.196	0.223	0.250	0.278	0.308	0.337	0.368	0.399	0.431	0.463	0.496	0.529	0.563	0.597	0.632	0.667	0.702
$\nu = 1.2$							0.003	0.016	0.032	0.051	0.073	0.095	0.118	0.142	0.166	0.191	0.217	0.244	0.272	0.300	0.329	0.359	0.390	0.420	0.452	0.484	0.517	0.550	0.583	0.617	0.651
$\nu = 1.3$								0.002	0.013	0.029	0.047	0.068	0.090	0.113	0.137	0.161	0.186	0.211	0.238	0.265	0.293	0.321	0.350	0.380	0.410	0.442	0.473	0.505	0.537	0.570	0.603
$\nu = 1.4$									0.001	0.011	0.026	0.043	0.063	0.085	0.108	0.131	0.155	0.181	0.206	0.232	0.258	0.286	0.314	0.342	0.371	0.401	0.431	0.462	0.494	0.526	0.557
$\nu = 1.5$											0.010	0.023	0.040	0.059	0.080	0.102	0.126	0.150	0.175	0.200	0.226	0.252	0.279	0.306	0.335	0.363	0.392	0.422	0.452	0.483	0.515
$\nu = 1.6$												0.008	0.021	0.037	0.055	0.075	0.097	0.120	0.144	0.169	0.194	0.219	0.246	0.272	0.299	0.327	0.355	0.384	0.413	0.443	0.473
$\nu = 1.7$													0.007	0.020	0.034	0.052	0.071	0.093	0.115	0.139	0.163	0.188	0.213	0.239	0.265	0.292	0.320	0.347	0.376	0.405	0.434
$\nu = 1.8$														0.006	0.018	0.032	0.049	0.068	0.088	0.110	0.133	0.158	0.182	0.207	0.232	0.258	0.285	0.312	0.339	0.368	0.396
$\nu = 1.9$															0.005	0.016	0.030	0.047	0.065	0.085	0.105	0.128	0.151	0.176	0.201	0.226	0.252	0.278	0.305	0.333	0.360
$\nu = 2.0$																0.004	0.015	0.028	0.044	0.061	0.081	0.101	0.123	0.146	0.170	0.195	0.220	0.246	0.272	0.298	0.325
$\nu = 2.1$																	0.004	0.014	0.027	0.042	0.059	0.078	0.098	0.119	0.142	0.165	0.189	0.214	0.239	0.266	0.291
$\nu = 2.2$																		0.003	0.013	0.025	0.040	0.056	0.075	0.094	0.114	0.136	0.160	0.184	0.208	0.233	0.259
$\nu = 2.3$																			0.003	0.013	0.024	0.038	0.054	0.071	0.091	0.110	0.132	0.154	0.178	0.202	0.227
$\nu = 2.4$																				0.002	0.012	0.023	0.037	0.052	0.068	0.088	0.107	0.128	0.150	0.173	0.197
$\nu = 2.5$																					0.003	0.011	0.023	0.035	0.050	0.066	0.085	0.104	0.124	0.146	0.169



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,15$ e $\lambda = 0$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

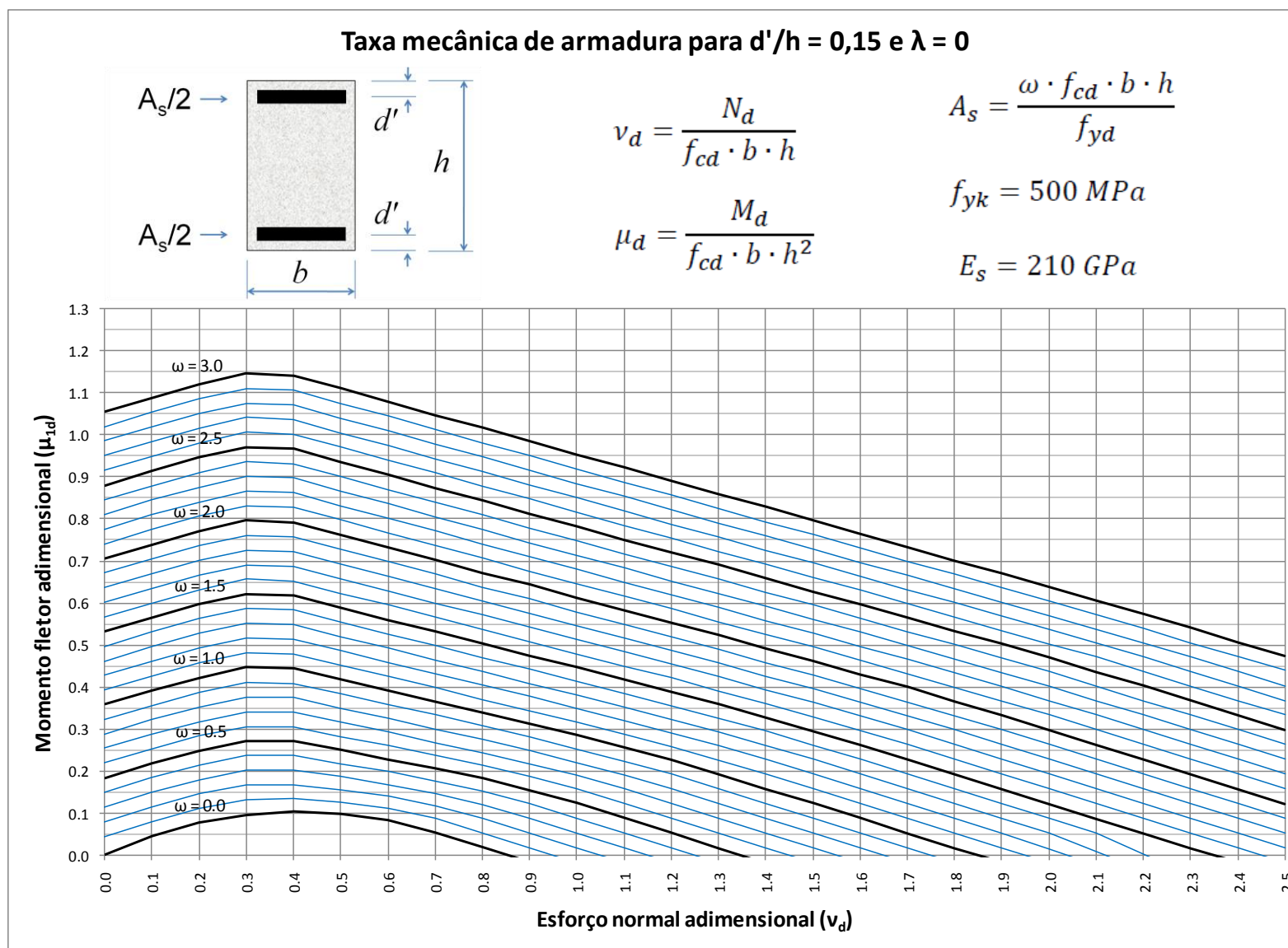
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

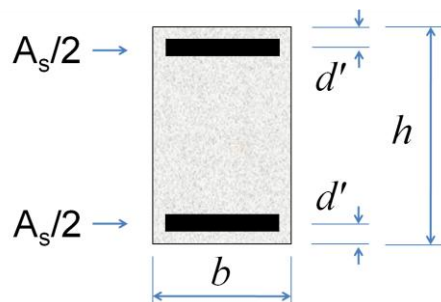
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\mathbf{v} = 0.0$	0.000	0.042	0.079	0.114	0.149	0.184	0.219	0.254	0.288	0.323	0.358	0.393	0.427	0.462	0.497	0.532	0.567	0.601	0.636	0.671	0.706	0.741	0.776	0.811	0.845	0.880	0.915	0.950	0.985	1.020	1.055
$\mathbf{v} = 0.1$	0.044	0.079	0.114	0.149	0.183	0.218	0.252	0.287	0.322	0.356	0.391	0.426	0.461	0.495	0.530	0.565	0.600	0.635	0.669	0.704	0.739	0.774	0.809	0.844	0.879	0.914	0.948	0.983	1.018	1.053	1.088
$\mathbf{v} = 0.2$	0.076	0.110	0.145	0.179	0.214	0.248	0.283	0.318	0.353	0.388	0.422	0.457	0.492	0.527	0.562	0.597	0.632	0.667	0.701	0.736	0.771	0.806	0.841	0.876	0.911	0.946	0.981	1.016	1.051	1.086	1.121
$\mathbf{v} = 0.3$	0.096	0.131	0.166	0.201	0.236	0.271	0.306	0.341	0.375	0.411	0.446	0.481	0.516	0.551	0.586	0.620	0.656	0.691	0.726	0.761	0.796	0.831	0.865	0.900	0.936	0.971	1.006	1.041	1.076	1.111	1.146
$\mathbf{v} = 0.4$	0.103	0.135	0.168	0.202	0.236	0.270	0.305	0.339	0.374	0.409	0.443	0.478	0.513	0.548	0.583	0.617	0.652	0.687	0.722	0.757	0.792	0.827	0.862	0.897	0.932	0.967	1.002	1.037	1.072	1.107	1.142
$\mathbf{v} = 0.5$	0.099	0.126	0.155	0.186	0.217	0.250	0.282	0.316	0.349	0.383	0.417	0.451	0.486	0.520	0.554	0.589	0.623	0.658	0.693	0.727	0.762	0.797	0.831	0.866	0.901	0.936	0.971	1.005	1.040	1.075	1.110
$\mathbf{v} = 0.6$	0.082	0.110	0.139	0.168	0.198	0.228	0.260	0.292	0.325	0.358	0.391	0.425	0.458	0.492	0.526	0.560	0.595	0.629	0.663	0.698	0.732	0.767	0.801	0.836	0.870	0.905	0.940	0.974	1.009	1.044	1.078
$\mathbf{v} = 0.7$	0.053	0.087	0.117	0.146	0.176	0.206	0.237	0.268	0.300	0.333	0.365	0.398	0.431	0.465	0.498	0.532	0.566	0.600	0.634	0.668	0.702	0.736	0.771	0.805	0.840	0.874	0.909	0.943	0.978	1.013	1.047
$\mathbf{v} = 0.8$	0.018	0.053	0.088	0.120	0.151	0.182	0.213	0.244	0.275	0.307	0.339	0.371	0.404	0.437	0.470	0.503	0.537	0.571	0.604	0.638	0.672	0.706	0.741	0.775	0.809	0.843	0.878	0.912	0.947	0.981	1.016
$\mathbf{v} = 0.9$		0.018	0.053	0.088	0.122	0.155	0.186	0.217	0.249	0.280	0.312	0.344	0.377	0.409	0.442	0.475	0.508	0.542	0.575	0.609	0.643	0.676	0.710	0.744	0.778	0.813	0.847	0.881	0.915	0.950	0.984
$\mathbf{v} = 1.0$			0.018	0.053	0.088	0.123	0.157	0.189	0.221	0.253	0.285	0.317	0.349	0.381	0.414	0.446	0.479	0.513	0.546	0.579	0.613	0.646	0.680	0.714	0.748	0.782	0.816	0.850	0.884	0.919	0.953
$\mathbf{v} = 1.1$				0.017	0.053	0.088	0.123	0.158	0.191	0.224	0.256	0.288	0.320	0.353	0.385	0.418	0.450	0.483	0.516	0.550	0.583	0.616	0.650	0.684	0.717	0.751	0.785	0.819	0.853	0.888	0.922
$\mathbf{v} = 1.2$					0.017	0.053	0.088	0.123	0.158	0.192	0.226	0.258	0.291	0.323	0.356	0.388	0.421	0.454	0.487	0.520	0.553	0.586	0.620	0.653	0.687	0.721	0.754	0.788	0.822	0.856	0.890
$\mathbf{v} = 1.3$						0.017	0.052	0.088	0.123	0.158	0.193	0.227	0.260	0.293	0.326	0.358	0.391	0.424	0.457	0.490	0.523	0.556	0.589	0.623	0.656	0.690	0.723	0.757	0.791	0.825	0.859
$\mathbf{v} = 1.4$							0.017	0.052	0.088	0.123	0.158	0.193	0.228	0.262	0.295	0.328	0.361	0.394	0.426	0.459	0.492	0.526	0.559	0.592	0.625	0.659	0.692	0.726	0.760	0.794	0.828
$\mathbf{v} = 1.5$								0.017	0.052	0.088	0.123	0.158	0.193	0.228	0.262	0.296	0.329	0.363	0.396	0.429	0.462	0.495	0.528	0.561	0.595	0.628	0.661	0.695	0.729	0.763	0.796
$\mathbf{v} = 1.6$									0.017	0.052	0.088	0.123	0.158	0.193	0.228	0.263	0.297	0.331	0.364	0.397	0.431	0.464	0.497	0.530	0.564	0.597	0.630	0.664	0.697	0.731	0.765
$\mathbf{v} = 1.7$										0.017	0.052	0.087	0.123	0.158	0.193	0.228	0.263	0.298	0.332	0.365	0.399	0.432	0.466	0.499	0.532	0.566	0.599	0.632	0.666	0.700	0.733
$\mathbf{v} = 1.8$											0.017	0.052	0.087	0.123	0.158	0.193	0.228	0.263	0.298	0.332	0.366	0.400	0.434	0.467	0.501	0.534	0.567	0.601	0.634	0.668	0.701
$\mathbf{v} = 1.9$												0.017	0.052	0.087	0.123	0.158	0.193	0.228	0.263	0.298	0.333	0.367	0.401	0.435	0.468	0.502	0.535	0.569	0.603	0.636	0.670
$\mathbf{v} = 2.0$													0.014	0.052	0.087	0.122	0.158	0.193	0.228	0.263	0.298	0.333	0.368	0.402	0.436	0.470	0.503	0.537	0.570	0.604	0.638
$\mathbf{v} = 2.1$														0.008	0.052	0.087	0.122	0.158	0.193	0.228	0.263	0.298	0.333	0.368	0.402	0.437	0.471	0.504	0.538	0.572	0.605
$\mathbf{v} = 2.2$															0.002	0.052	0.087	0.122	0.158	0.193	0.228	0.263	0.298	0.333	0.368	0.403	0.437	0.471	0.505	0.539	0.573
$\mathbf{v} = 2.3$																0.052	0.087	0.122	0.158	0.193	0.228	0.263	0.298	0.333	0.368	0.403	0.438	0.472	0.506	0.540	
$\mathbf{v} = 2.4$																	0.052	0.087	0.122	0.157	0.193	0.228	0.263	0.298	0.333	0.368	0.403	0.438	0.473	0.507	
$\mathbf{v} = 2.5$																		0.052	0.087	0.122	0.157	0.193	0.228	0.263	0.298	0.333	0.368	0.403	0.439	0.473	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,15$ e $\lambda = 30$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

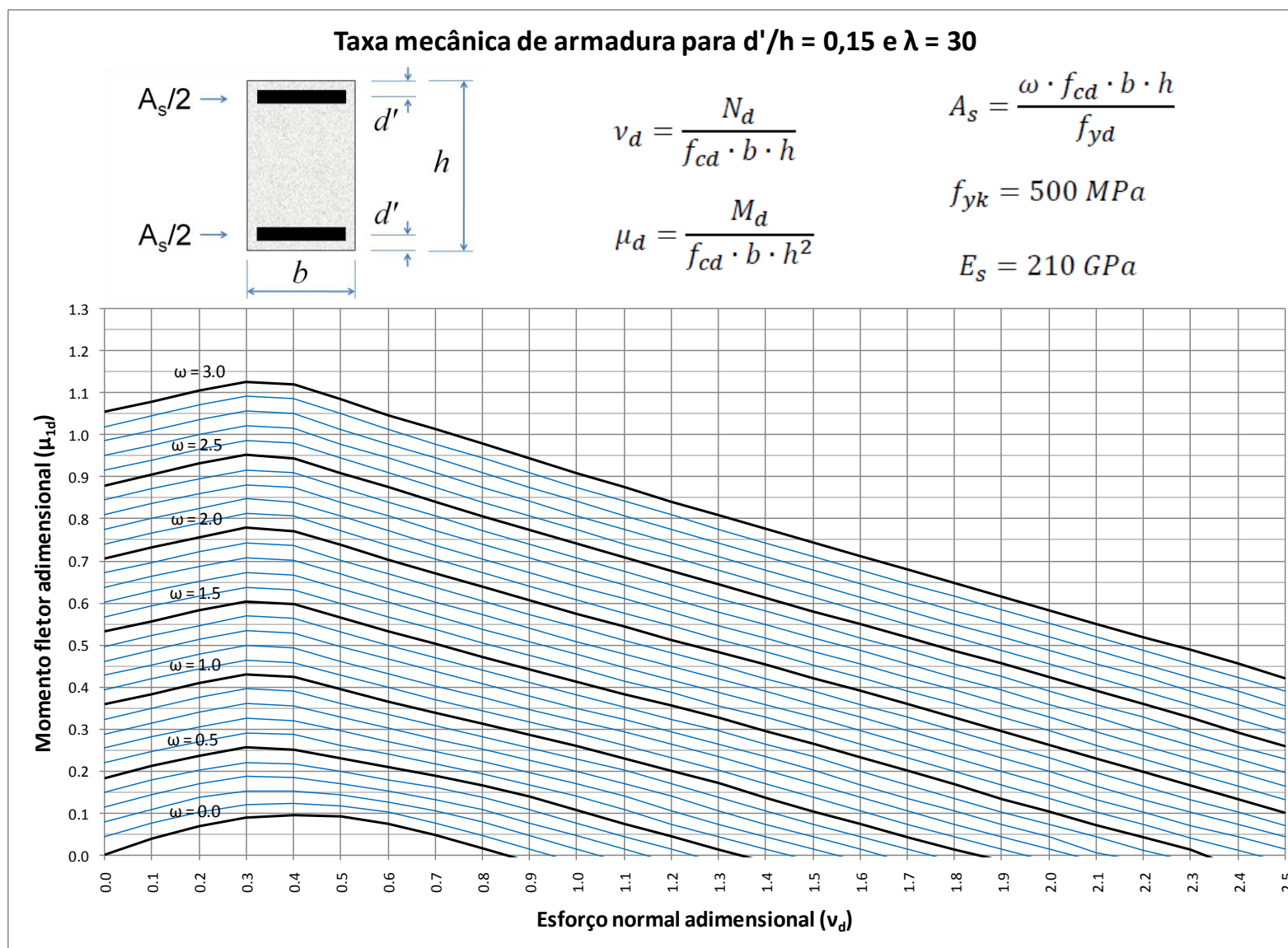
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

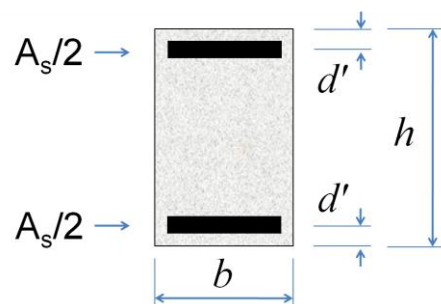
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$	
$v = 0.0$	0.000	0.042	0.079	0.114	0.149	0.184	0.219	0.254	0.288	0.323	0.358	0.393	0.427	0.462	0.497	0.532	0.567	0.601	0.636	0.671	0.706	0.741	0.776	0.811	0.845	0.880	0.915	0.950	0.985	1.020	1.055	
$v = 0.1$	0.039	0.075	0.109	0.144	0.178	0.212	0.246	0.281	0.315	0.350	0.384	0.419	0.453	0.488	0.523	0.557	0.592	0.627	0.662	0.696	0.731	0.766	0.801	0.836	0.871	0.905	0.940	0.975	1.010	1.045	1.080	
$v = 0.2$	0.069	0.102	0.136	0.169	0.203	0.237	0.271	0.305	0.340	0.374	0.409	0.443	0.478	0.513	0.547	0.582	0.617	0.652	0.687	0.721	0.756	0.791	0.826	0.861	0.896	0.931	0.965	1.000	1.035	1.071	1.105	
$v = 0.3$	0.088	0.119	0.153	0.187	0.221	0.256	0.291	0.325	0.360	0.395	0.429	0.464	0.499	0.534	0.568	0.603	0.638	0.673	0.708	0.743	0.778	0.813	0.848	0.882	0.917	0.952	0.987	1.022	1.057	1.092	1.127	
$v = 0.4$	0.096	0.123	0.153	0.185	0.218	0.252	0.286	0.320	0.354	0.389	0.423	0.458	0.492	0.527	0.562	0.597	0.632	0.666	0.701	0.736	0.771	0.806	0.841	0.875	0.911	0.945	0.980	1.015	1.050	1.085	1.120	
$v = 0.5$	0.091	0.116	0.142	0.169	0.199	0.230	0.262	0.295	0.327	0.361	0.394	0.428	0.462	0.496	0.530	0.565	0.599	0.633	0.668	0.702	0.737	0.772	0.806	0.841	0.875	0.910	0.945	0.979	1.014	1.050	1.084	
$v = 0.6$	0.074	0.101	0.126	0.153	0.180	0.209	0.239	0.270	0.302	0.334	0.366	0.399	0.432	0.466	0.499	0.533	0.567	0.601	0.635	0.669	0.703	0.738	0.772	0.806	0.841	0.875	0.910	0.945	0.979	1.014	1.048	
$v = 0.7$	0.047	0.077	0.105	0.133	0.160	0.188	0.217	0.246	0.277	0.308	0.339	0.371	0.403	0.436	0.469	0.502	0.536	0.569	0.603	0.636	0.670	0.704	0.738	0.773	0.807	0.841	0.875	0.910	0.944	0.979	1.013	
$v = 0.8$	0.015	0.046	0.078	0.108	0.136	0.165	0.193	0.222	0.252	0.282	0.312	0.343	0.375	0.407	0.439	0.472	0.505	0.538	0.571	0.604	0.638	0.672	0.705	0.739	0.773	0.807	0.841	0.875	0.910	0.944	0.978	
$v = 0.9$		0.014	0.045	0.077	0.108	0.138	0.168	0.197	0.226	0.256	0.286	0.316	0.347	0.379	0.410	0.442	0.475	0.507	0.540	0.573	0.606	0.639	0.673	0.706	0.740	0.774	0.808	0.842	0.875	0.910	0.944	
$v = 1.0$			0.014	0.045	0.076	0.108	0.139	0.170	0.199	0.229	0.259	0.289	0.320	0.350	0.382	0.413	0.445	0.477	0.509	0.542	0.575	0.608	0.641	0.674	0.707	0.741	0.774	0.808	0.842	0.876	0.909	
$v = 1.1$				0.014	0.044	0.075	0.107	0.139	0.170	0.201	0.231	0.261	0.292	0.322	0.353	0.384	0.415	0.447	0.479	0.511	0.544	0.576	0.609	0.642	0.675	0.708	0.741	0.775	0.808	0.842	0.875	
$v = 1.2$					0.014	0.044	0.074	0.106	0.139	0.170	0.202	0.232	0.263	0.294	0.324	0.355	0.386	0.417	0.449	0.481	0.513	0.545	0.577	0.610	0.643	0.676	0.709	0.742	0.776	0.809	0.842	
$v = 1.3$						0.014	0.043	0.074	0.105	0.138	0.170	0.202	0.233	0.264	0.295	0.326	0.356	0.388	0.419	0.451	0.482	0.514	0.546	0.579	0.611	0.644	0.677	0.709	0.743	0.776	0.809	
$v = 1.4$							0.013	0.043	0.074	0.105	0.137	0.169	0.202	0.233	0.265	0.296	0.327	0.358	0.389	0.420	0.452	0.484	0.515	0.548	0.580	0.612	0.645	0.677	0.710	0.744	0.776	
$v = 1.5$								0.014	0.043	0.074	0.104	0.137	0.169	0.201	0.233	0.265	0.296	0.327	0.359	0.390	0.422	0.453	0.485	0.516	0.548	0.581	0.613	0.645	0.678	0.711	0.743	
$v = 1.6$									0.014	0.042	0.073	0.104	0.136	0.168	0.200	0.233	0.265	0.296	0.328	0.359	0.391	0.423	0.454	0.486	0.517	0.549	0.582	0.614	0.646	0.679	0.711	
$v = 1.7$										0.014	0.043	0.072	0.104	0.135	0.167	0.200	0.232	0.264	0.297	0.328	0.360	0.391	0.423	0.454	0.486	0.518	0.550	0.582	0.614	0.647	0.679	
$v = 1.8$											0.014	0.042	0.072	0.104	0.135	0.167	0.199	0.231	0.264	0.296	0.328	0.360	0.392	0.423	0.455	0.487	0.519	0.550	0.582	0.615	0.647	
$v = 1.9$												0.013	0.042	0.072	0.103	0.134	0.166	0.199	0.231	0.263	0.296	0.328	0.360	0.392	0.424	0.455	0.487	0.519	0.551	0.583	0.615	
$v = 2.0$														0.042	0.072	0.103	0.134	0.166	0.198	0.230	0.262	0.295	0.327	0.359	0.391	0.423	0.455	0.487	0.519	0.551	0.583	
$v = 2.1$															0.006	0.042	0.071	0.103	0.133	0.165	0.197	0.229	0.262	0.294	0.327	0.359	0.392	0.423	0.456	0.487	0.520	
$v = 2.2$																	0.042	0.072	0.102	0.133	0.165	0.197	0.229	0.261	0.294	0.327	0.359	0.391	0.424	0.456	0.487	0.519
$v = 2.3$																		0.041	0.071	0.102	0.133	0.164	0.196	0.228	0.260	0.293	0.326	0.358	0.390	0.423	0.455	0.488
$v = 2.4$																			0.042	0.072	0.102	0.133	0.164	0.196	0.228	0.259	0.292	0.324	0.358	0.390	0.422	0.455
$v = 2.5$																				0.043	0.071	0.101	0.133	0.164	0.195	0.228	0.259	0.291	0.324	0.356	0.390	0.421



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,15$ e $\lambda = 60$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

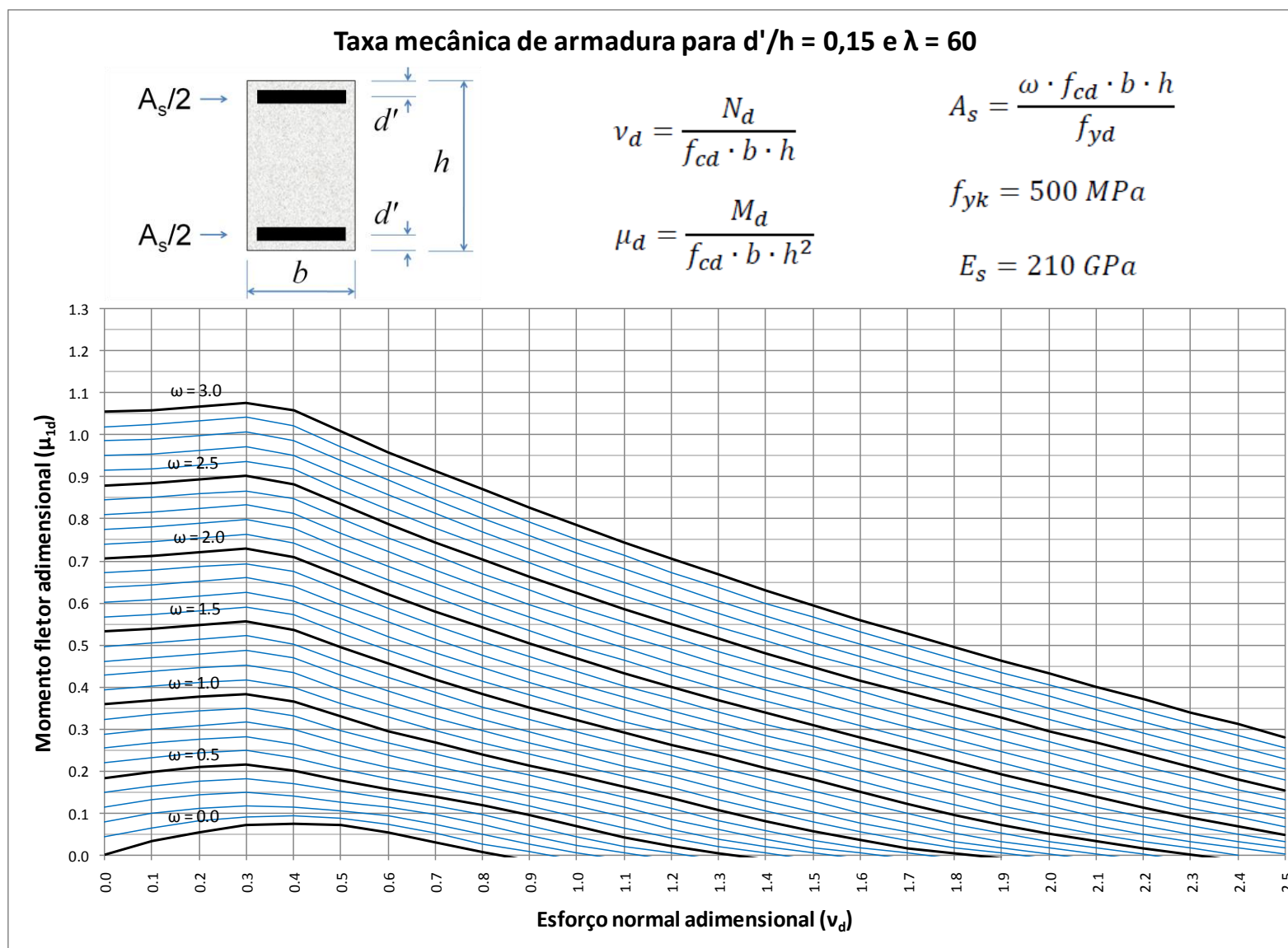
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

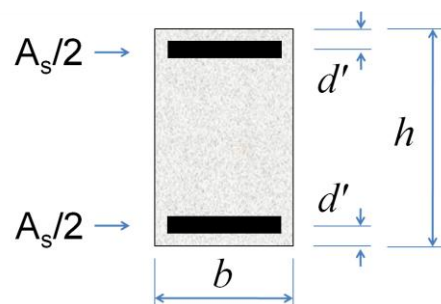
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.042	0.079	0.114	0.149	0.184	0.219	0.254	0.288	0.323	0.358	0.393	0.427	0.462	0.497	0.532	0.567	0.601	0.636	0.671	0.706	0.741	0.776	0.811	0.845	0.880	0.915	0.950	0.985	1.020	1.055
$v = 0.1$	0.033	0.064	0.098	0.131	0.165	0.199	0.232	0.266	0.300	0.334	0.368	0.402	0.436	0.470	0.505	0.539	0.573	0.608	0.642	0.677	0.712	0.746	0.781	0.816	0.850	0.885	0.920	0.955	0.989	1.024	1.059
$v = 0.2$	0.055	0.081	0.112	0.144	0.177	0.210	0.243	0.276	0.309	0.343	0.377	0.411	0.445	0.479	0.514	0.548	0.582	0.617	0.651	0.686	0.720	0.755	0.790	0.824	0.859	0.894	0.929	0.963	0.998	1.033	1.068
$v = 0.3$	0.070	0.089	0.118	0.149	0.181	0.215	0.248	0.282	0.316	0.349	0.383	0.418	0.452	0.486	0.521	0.555	0.590	0.624	0.659	0.694	0.728	0.763	0.798	0.833	0.867	0.902	0.937	0.972	1.007	1.042	1.076
$v = 0.4$	0.075	0.092	0.114	0.140	0.169	0.200	0.232	0.265	0.298	0.332	0.365	0.399	0.433	0.468	0.502	0.536	0.571	0.605	0.640	0.674	0.709	0.744	0.778	0.813	0.848	0.883	0.918	0.952	0.987	1.022	1.057
$v = 0.5$	0.070	0.088	0.106	0.127	0.151	0.177	0.205	0.235	0.266	0.297	0.329	0.362	0.394	0.427	0.461	0.494	0.528	0.562	0.596	0.630	0.664	0.698	0.732	0.766	0.801	0.835	0.870	0.904	0.938	0.973	1.008
$v = 0.6$	0.053	0.074	0.094	0.113	0.134	0.157	0.182	0.209	0.237	0.266	0.296	0.327	0.358	0.390	0.422	0.455	0.488	0.520	0.554	0.587	0.620	0.654	0.688	0.721	0.755	0.789	0.823	0.858	0.892	0.926	0.960
$v = 0.7$	0.029	0.052	0.074	0.096	0.117	0.138	0.161	0.186	0.212	0.239	0.267	0.296	0.325	0.355	0.386	0.418	0.449	0.482	0.514	0.546	0.579	0.612	0.645	0.678	0.712	0.745	0.779	0.813	0.846	0.881	0.914
$v = 0.8$	0.008	0.027	0.049	0.072	0.096	0.118	0.140	0.164	0.188	0.213	0.239	0.267	0.295	0.323	0.353	0.383	0.414	0.445	0.476	0.508	0.540	0.572	0.604	0.637	0.670	0.703	0.736	0.769	0.802	0.836	0.869
$v = 0.9$		0.007	0.025	0.046	0.070	0.094	0.118	0.141	0.164	0.189	0.213	0.240	0.266	0.294	0.322	0.351	0.380	0.410	0.440	0.471	0.502	0.534	0.566	0.597	0.630	0.662	0.695	0.727	0.760	0.793	0.826
$v = 1.0$			0.006	0.023	0.044	0.067	0.091	0.116	0.140	0.164	0.189	0.213	0.239	0.265	0.292	0.320	0.349	0.377	0.407	0.437	0.467	0.497	0.528	0.560	0.591	0.623	0.655	0.687	0.719	0.752	0.784
$v = 1.1$				0.006	0.021	0.042	0.064	0.089	0.113	0.138	0.163	0.188	0.212	0.238	0.264	0.291	0.318	0.346	0.375	0.403	0.433	0.463	0.493	0.523	0.554	0.585	0.616	0.648	0.680	0.712	0.744
$v = 1.2$					0.005	0.020	0.040	0.062	0.086	0.110	0.136	0.161	0.186	0.211	0.236	0.263	0.289	0.316	0.344	0.372	0.400	0.429	0.459	0.489	0.519	0.549	0.580	0.610	0.642	0.673	0.705
$v = 1.3$						0.005	0.020	0.038	0.060	0.083	0.108	0.133	0.159	0.184	0.209	0.235	0.261	0.287	0.314	0.341	0.369	0.397	0.426	0.455	0.484	0.514	0.544	0.574	0.605	0.636	0.667
$v = 1.4$							0.004	0.019	0.037	0.057	0.081	0.105	0.130	0.155	0.181	0.207	0.233	0.259	0.285	0.312	0.339	0.366	0.394	0.423	0.452	0.480	0.510	0.539	0.569	0.600	0.630
$v = 1.5$								0.005	0.018	0.036	0.056	0.079	0.102	0.128	0.153	0.179	0.205	0.230	0.257	0.283	0.310	0.337	0.364	0.392	0.419	0.448	0.476	0.506	0.535	0.565	0.595
$v = 1.6$									0.004	0.018	0.035	0.054	0.077	0.100	0.125	0.150	0.176	0.202	0.228	0.254	0.281	0.307	0.334	0.361	0.389	0.416	0.445	0.473	0.502	0.531	0.560
$v = 1.7$										0.004	0.017	0.034	0.054	0.075	0.098	0.122	0.147	0.173	0.199	0.225	0.252	0.278	0.304	0.332	0.359	0.386	0.413	0.441	0.469	0.498	0.527
$v = 1.8$											0.005	0.017	0.033	0.052	0.074	0.096	0.120	0.145	0.170	0.196	0.222	0.248	0.275	0.302	0.329	0.356	0.383	0.411	0.438	0.466	0.494
$v = 1.9$												0.004	0.017	0.033	0.051	0.072	0.094	0.118	0.143	0.167	0.193	0.220	0.246	0.273	0.299	0.326	0.353	0.380	0.408	0.435	0.463
$v = 2.0$													0.003	0.017	0.033	0.051	0.071	0.093	0.116	0.140	0.165	0.191	0.216	0.243	0.269	0.296	0.323	0.350	0.377	0.404	0.432
$v = 2.1$														0.002	0.017	0.033	0.050	0.070	0.091	0.114	0.138	0.163	0.188	0.214	0.241	0.267	0.293	0.320	0.347	0.374	0.401
$v = 2.2$																0.017	0.032	0.050	0.069	0.090	0.112	0.136	0.161	0.185	0.211	0.238	0.263	0.290	0.317	0.344	0.371
$v = 2.3$																	0.016	0.032	0.049	0.069	0.090	0.112	0.135	0.159	0.183	0.208	0.235	0.261	0.288	0.314	0.340
$v = 2.4$																		0.017	0.031	0.049	0.068	0.089	0.110	0.133	0.156	0.181	0.206	0.232	0.258	0.284	0.311
$v = 2.5$																			0.016	0.031	0.049	0.068	0.088	0.109	0.131	0.155	0.179	0.204	0.229	0.255	0.281



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,15$ e $\lambda = 90$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

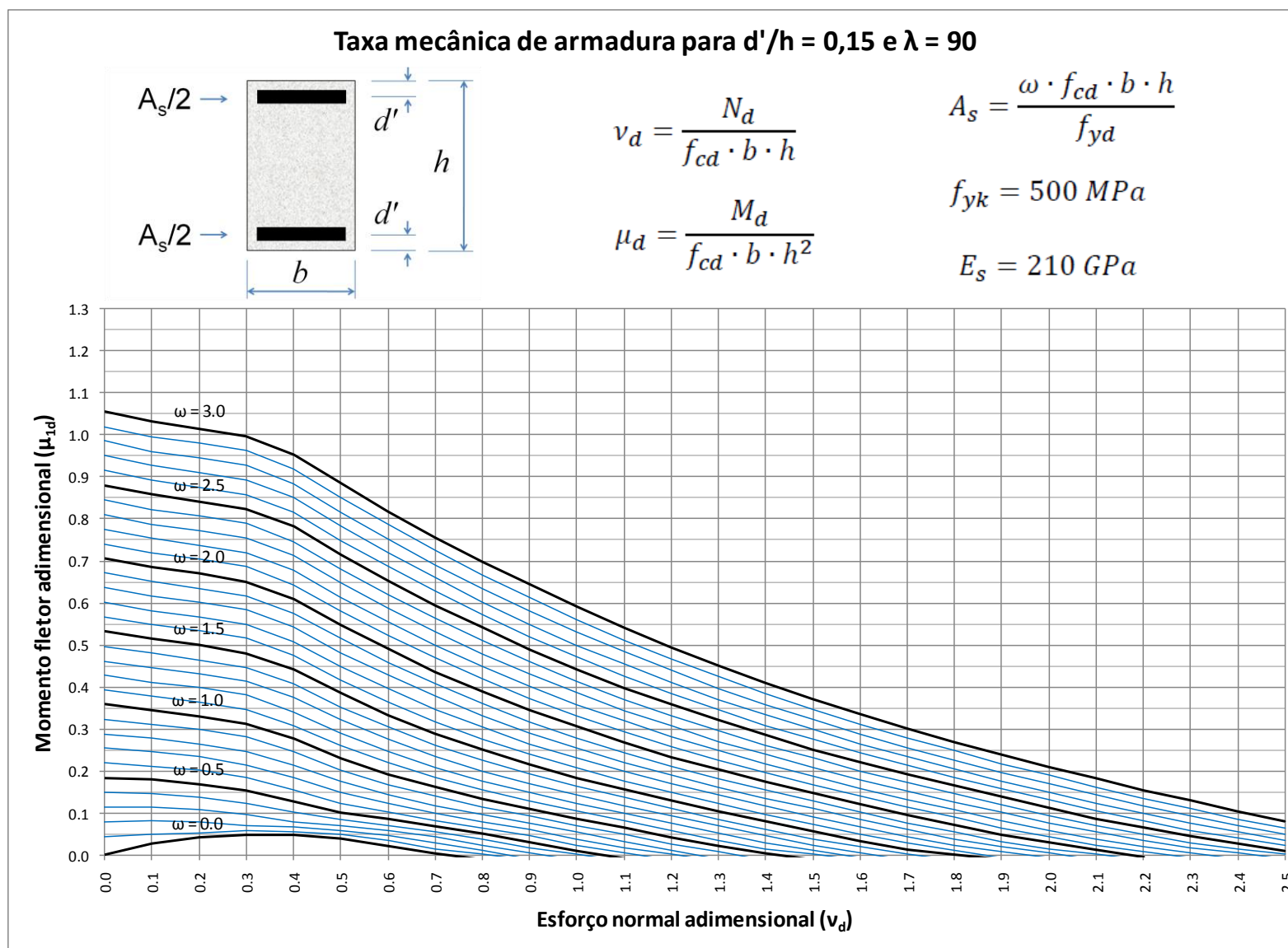
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

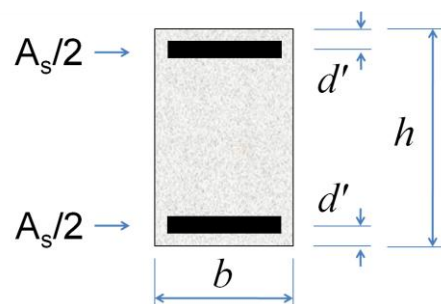
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega=0.0$	$\omega=0.1$	$\omega=0.2$	$\omega=0.3$	$\omega=0.4$	$\omega=0.5$	$\omega=0.6$	$\omega=0.7$	$\omega=0.8$	$\omega=0.9$	$\omega=1.0$	$\omega=1.1$	$\omega=1.2$	$\omega=1.3$	$\omega=1.4$	$\omega=1.5$	$\omega=1.6$	$\omega=1.7$	$\omega=1.8$	$\omega=1.9$	$\omega=2.0$	$\omega=2.1$	$\omega=2.2$	$\omega=2.3$	$\omega=2.4$	$\omega=2.5$	$\omega=2.6$	$\omega=2.7$	$\omega=2.8$	$\omega=2.9$	$\omega=3.0$	
$v=0.0$	0.000	0.042	0.079	0.114	0.149	0.184	0.219	0.254	0.288	0.323	0.358	0.393	0.427	0.462	0.497	0.532	0.567	0.601	0.636	0.671	0.706	0.741	0.776	0.811	0.845	0.880	0.915	0.950	0.985	1.020	1.055	
$v=0.1$	0.028	0.049	0.081	0.113	0.146	0.179	0.212	0.245	0.278	0.311	0.345	0.379	0.412	0.446	0.480	0.514	0.548	0.582	0.617	0.651	0.685	0.720	0.754	0.788	0.823	0.858	0.892	0.927	0.961	0.996	1.031	
$v=0.2$	0.043	0.053	0.078	0.107	0.138	0.169	0.201	0.233	0.265	0.298	0.331	0.365	0.398	0.431	0.465	0.499	0.533	0.567	0.601	0.635	0.670	0.704	0.738	0.773	0.807	0.841	0.876	0.911	0.945	0.980	1.014	
$v=0.3$	0.049	0.057	0.070	0.095	0.123	0.153	0.184	0.215	0.247	0.280	0.313	0.346	0.380	0.413	0.447	0.481	0.515	0.549	0.583	0.617	0.651	0.686	0.720	0.755	0.789	0.823	0.858	0.893	0.927	0.962	0.997	
$v=0.4$	0.047	0.056	0.066	0.079	0.101	0.126	0.154	0.183	0.213	0.245	0.276	0.309	0.341	0.374	0.407	0.441	0.475	0.508	0.542	0.576	0.610	0.644	0.678	0.713	0.747	0.782	0.816	0.850	0.885	0.920	0.954	
$v=0.5$	0.039	0.049	0.059	0.070	0.084	0.102	0.124	0.148	0.175	0.202	0.231	0.261	0.291	0.322	0.353	0.385	0.417	0.449	0.482	0.515	0.548	0.581	0.614	0.648	0.681	0.715	0.749	0.783	0.817	0.851	0.885	
$v=0.6$	0.022	0.035	0.047	0.058	0.070	0.085	0.102	0.122	0.144	0.168	0.193	0.219	0.247	0.275	0.305	0.334	0.365	0.396	0.427	0.458	0.490	0.522	0.555	0.587	0.620	0.653	0.686	0.719	0.752	0.786	0.819	
$v=0.7$	0.005	0.015	0.029	0.043	0.055	0.069	0.083	0.100	0.118	0.139	0.161	0.185	0.209	0.235	0.262	0.290	0.318	0.347	0.377	0.407	0.437	0.468	0.499	0.531	0.563	0.595	0.627	0.659	0.691	0.725	0.757	
$v=0.8$		0.001	0.010	0.022	0.037	0.051	0.065	0.080	0.096	0.114	0.134	0.154	0.177	0.200	0.225	0.250	0.277	0.304	0.332	0.360	0.389	0.419	0.449	0.479	0.510	0.540	0.571	0.603	0.634	0.666	0.698	
$v=0.9$				0.005	0.016	0.031	0.045	0.060	0.076	0.092	0.110	0.128	0.149	0.170	0.192	0.215	0.240	0.265	0.291	0.318	0.345	0.373	0.402	0.430	0.460	0.489	0.520	0.550	0.580	0.612	0.643	
$v=1.0$					0.001	0.011	0.024	0.039	0.055	0.071	0.087	0.105	0.123	0.142	0.163	0.184	0.207	0.230	0.254	0.279	0.305	0.331	0.358	0.386	0.414	0.442	0.471	0.500	0.530	0.560	0.590	
$v=1.1$							0.006	0.018	0.032	0.048	0.065	0.081	0.099	0.117	0.136	0.156	0.176	0.198	0.221	0.244	0.268	0.293	0.319	0.344	0.371	0.398	0.426	0.455	0.483	0.512	0.541	
$v=1.2$								0.001	0.012	0.026	0.042	0.058	0.076	0.092	0.110	0.129	0.149	0.169	0.190	0.212	0.234	0.258	0.282	0.307	0.332	0.358	0.384	0.411	0.439	0.466	0.495	
$v=1.3$									0.007	0.020	0.036	0.052	0.069	0.086	0.104	0.123	0.142	0.161	0.182	0.204	0.226	0.248	0.271	0.295	0.320	0.345	0.371	0.397	0.424	0.451		
$v=1.4$										0.004	0.015	0.029	0.046	0.062	0.080	0.097	0.116	0.135	0.154	0.174	0.195	0.216	0.239	0.261	0.285	0.309	0.333	0.359	0.384	0.410		
$v=1.5$											0.001	0.011	0.024	0.039	0.056	0.074	0.091	0.110	0.128	0.147	0.167	0.188	0.209	0.230	0.252	0.275	0.299	0.322	0.347	0.371		
$v=1.6$														0.006	0.019	0.034	0.050	0.066	0.084	0.102	0.121	0.140	0.159	0.179	0.200	0.221	0.243	0.265	0.288	0.312	0.335	
$v=1.7$															0.003	0.014	0.028	0.043	0.060	0.077	0.096	0.114	0.133	0.152	0.172	0.192	0.213	0.234	0.256	0.279	0.301	
$v=1.8$																0.001	0.011	0.023	0.038	0.054	0.071	0.089	0.107	0.126	0.145	0.165	0.185	0.204	0.226	0.248	0.269	
$v=1.9$																		0.008	0.019	0.033	0.048	0.065	0.083	0.101	0.119	0.138	0.157	0.177	0.197	0.218	0.239	
$v=2.0$																			0.004	0.015	0.029	0.043	0.059	0.076	0.094	0.112	0.131	0.150	0.169	0.189	0.209	
$v=2.1$																				0.001	0.012	0.024	0.039	0.054	0.070	0.087	0.105	0.124	0.143	0.162	0.182	
$v=2.2$																						0.009	0.021	0.034	0.048	0.065	0.081	0.099	0.117	0.135	0.155	
$v=2.3$																							0.006	0.017	0.030	0.044	0.059	0.076	0.093	0.110	0.129	
$v=2.4$																								0.004	0.013	0.026	0.040	0.054	0.070	0.086	0.104	
$v=2.5$																										0.001	0.011	0.023	0.035	0.050	0.065	0.081



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,20$ e $\lambda = 0$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

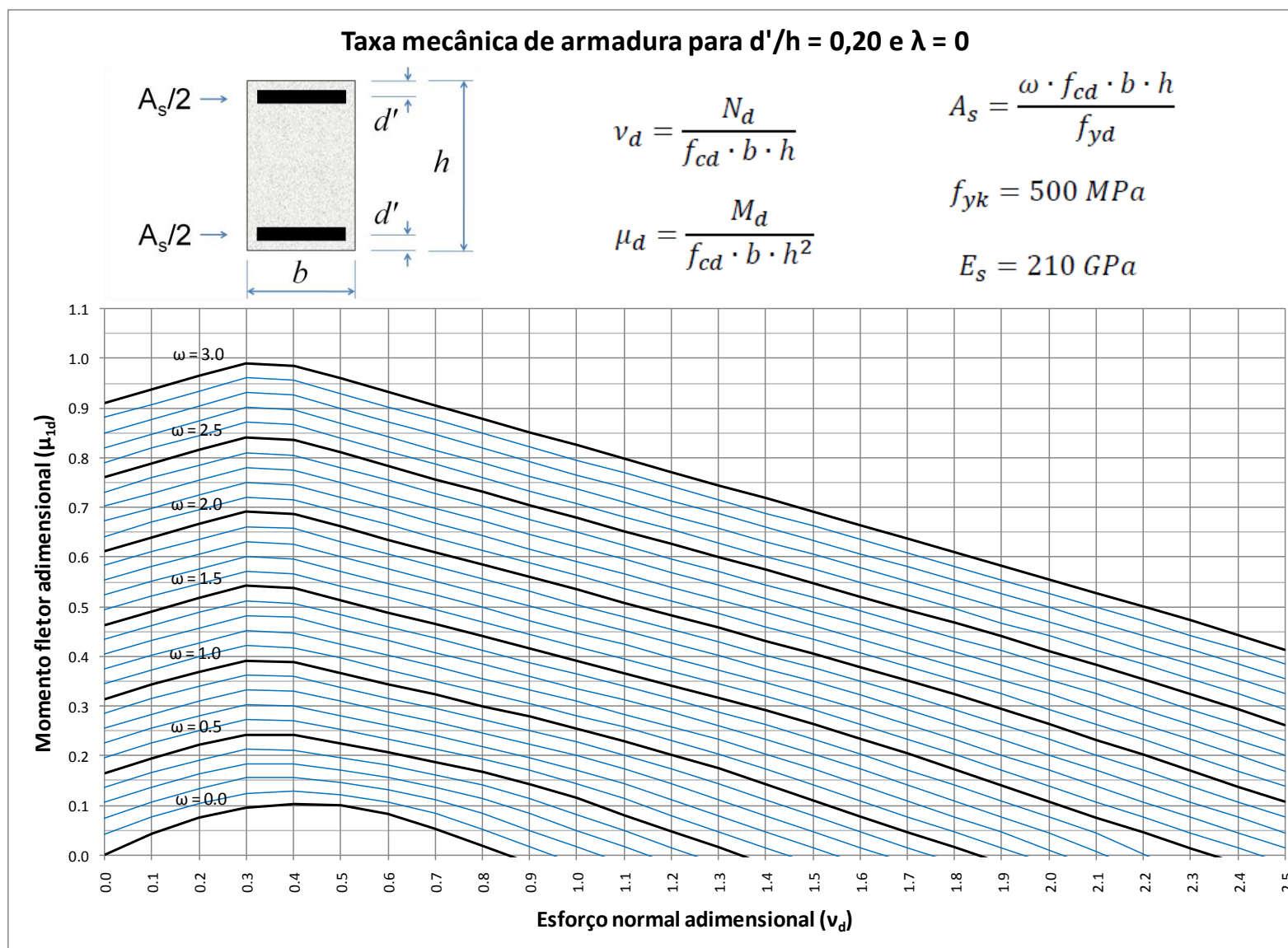
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

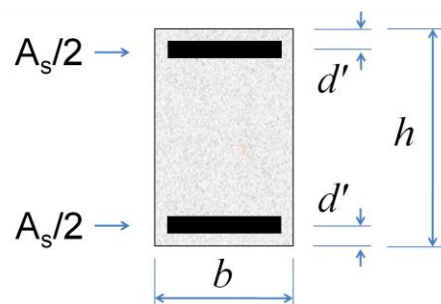
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\nu = 0.0$	0.000	0.041	0.075	0.106	0.136	0.166	0.196	0.226	0.256	0.286	0.315	0.345	0.375	0.404	0.434	0.464	0.493	0.523	0.553	0.583	0.612	0.642	0.672	0.702	0.731	0.761	0.791	0.821	0.850	0.881	0.910
$\nu = 0.1$	0.044	0.077	0.107	0.136	0.166	0.195	0.225	0.255	0.284	0.314	0.343	0.373	0.402	0.432	0.462	0.491	0.521	0.551	0.580	0.610	0.640	0.670	0.699	0.729	0.759	0.789	0.819	0.848	0.878	0.908	0.938
$\nu = 0.2$	0.076	0.105	0.134	0.163	0.192	0.222	0.251	0.281	0.310	0.340	0.369	0.399	0.428	0.458	0.488	0.517	0.547	0.577	0.607	0.636	0.666	0.696	0.726	0.756	0.786	0.815	0.845	0.875	0.905	0.935	0.965
$\nu = 0.3$	0.096	0.125	0.155	0.184	0.214	0.243	0.273	0.303	0.333	0.362	0.392	0.422	0.452	0.482	0.512	0.542	0.571	0.601	0.631	0.661	0.691	0.721	0.751	0.781	0.811	0.841	0.871	0.901	0.931	0.961	0.991
$\nu = 0.4$	0.103	0.129	0.156	0.184	0.212	0.241	0.270	0.300	0.329	0.359	0.388	0.418	0.448	0.478	0.507	0.537	0.567	0.597	0.627	0.657	0.686	0.716	0.746	0.776	0.806	0.836	0.866	0.896	0.926	0.956	0.986
$\nu = 0.5$	0.099	0.121	0.145	0.171	0.197	0.224	0.252	0.280	0.309	0.337	0.366	0.396	0.425	0.454	0.483	0.513	0.542	0.572	0.602	0.631	0.661	0.691	0.720	0.750	0.780	0.810	0.839	0.869	0.899	0.929	0.959
$\nu = 0.6$	0.082	0.107	0.131	0.156	0.181	0.207	0.233	0.261	0.288	0.316	0.345	0.373	0.402	0.431	0.460	0.489	0.518	0.547	0.577	0.606	0.635	0.665	0.695	0.724	0.754	0.783	0.813	0.843	0.872	0.902	0.932
$\nu = 0.7$	0.053	0.084	0.111	0.137	0.162	0.188	0.214	0.240	0.267	0.295	0.323	0.351	0.379	0.407	0.436	0.465	0.494	0.523	0.552	0.581	0.610	0.639	0.669	0.698	0.728	0.757	0.787	0.816	0.846	0.876	0.905
$\nu = 0.8$	0.018	0.052	0.085	0.113	0.141	0.167	0.193	0.219	0.246	0.273	0.300	0.328	0.356	0.384	0.412	0.441	0.469	0.498	0.527	0.556	0.585	0.614	0.643	0.672	0.702	0.731	0.760	0.790	0.819	0.849	0.878
$\nu = 0.9$		0.017	0.050	0.084	0.114	0.143	0.170	0.197	0.224	0.251	0.278	0.305	0.332	0.360	0.388	0.416	0.445	0.473	0.502	0.531	0.559	0.588	0.617	0.646	0.676	0.705	0.734	0.763	0.793	0.822	0.852
$\nu = 1.0$			0.016	0.049	0.082	0.114	0.144	0.172	0.200	0.227	0.254	0.281	0.309	0.336	0.364	0.392	0.420	0.448	0.477	0.505	0.534	0.563	0.592	0.620	0.650	0.679	0.708	0.737	0.766	0.796	0.825
$\nu = 1.1$				0.016	0.048	0.081	0.114	0.144	0.173	0.202	0.229	0.257	0.284	0.312	0.340	0.367	0.395	0.424	0.452	0.480	0.509	0.537	0.566	0.595	0.624	0.652	0.681	0.711	0.740	0.769	0.798
$\nu = 1.2$					0.015	0.048	0.080	0.112	0.144	0.174	0.203	0.231	0.259	0.287	0.315	0.342	0.370	0.398	0.427	0.455	0.483	0.512	0.540	0.569	0.597	0.626	0.655	0.684	0.713	0.742	0.771
$\nu = 1.3$						0.015	0.047	0.079	0.112	0.144	0.174	0.204	0.233	0.261	0.289	0.317	0.345	0.373	0.401	0.429	0.457	0.486	0.514	0.543	0.571	0.600	0.629	0.658	0.687	0.716	0.745
$\nu = 1.4$							0.015	0.047	0.079	0.111	0.143	0.174	0.204	0.233	0.262	0.291	0.319	0.347	0.375	0.403	0.431	0.460	0.488	0.517	0.545	0.574	0.602	0.631	0.660	0.689	0.718
$\nu = 1.5$								0.015	0.046	0.078	0.110	0.142	0.174	0.204	0.234	0.263	0.292	0.320	0.349	0.377	0.405	0.434	0.462	0.490	0.519	0.547	0.576	0.605	0.633	0.662	0.691
$\nu = 1.6$									0.015	0.046	0.078	0.109	0.141	0.173	0.204	0.234	0.264	0.293	0.322	0.350	0.379	0.407	0.435	0.464	0.492	0.521	0.549	0.578	0.607	0.636	0.664
$\nu = 1.7$										0.015	0.046	0.077	0.109	0.141	0.172	0.204	0.234	0.264	0.294	0.322	0.351	0.380	0.408	0.437	0.465	0.494	0.523	0.551	0.580	0.609	0.637
$\nu = 1.8$											0.015	0.046	0.077	0.108	0.140	0.172	0.203	0.234	0.264	0.294	0.323	0.352	0.381	0.410	0.438	0.467	0.496	0.524	0.553	0.582	0.610
$\nu = 1.9$												0.014	0.046	0.077	0.108	0.140	0.171	0.202	0.234	0.264	0.294	0.324	0.353	0.382	0.411	0.440	0.468	0.497	0.526	0.555	0.583
$\nu = 2.0$													0.010	0.045	0.077	0.108	0.139	0.170	0.202	0.233	0.264	0.294	0.324	0.353	0.383	0.412	0.441	0.469	0.498	0.527	0.556
$\nu = 2.1$														0.006	0.045	0.076	0.107	0.139	0.170	0.201	0.233	0.264	0.294	0.324	0.354	0.383	0.412	0.441	0.470	0.499	0.528
$\nu = 2.2$															0.002	0.045	0.076	0.107	0.138	0.170	0.201	0.232	0.263	0.294	0.324	0.354	0.384	0.413	0.442	0.471	0.500
$\nu = 2.3$																	0.045	0.076	0.107	0.138	0.169	0.200	0.232	0.263	0.294	0.324	0.354	0.384	0.414	0.443	0.472
$\nu = 2.4$																		0.045	0.076	0.107	0.138	0.169	0.200	0.231	0.262	0.293	0.324	0.354	0.384	0.414	0.443
$\nu = 2.5$																			0.045	0.076	0.107	0.138	0.169	0.200	0.231	0.262	0.293	0.324	0.354	0.385	0.414



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,20$ e $\lambda = 30$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

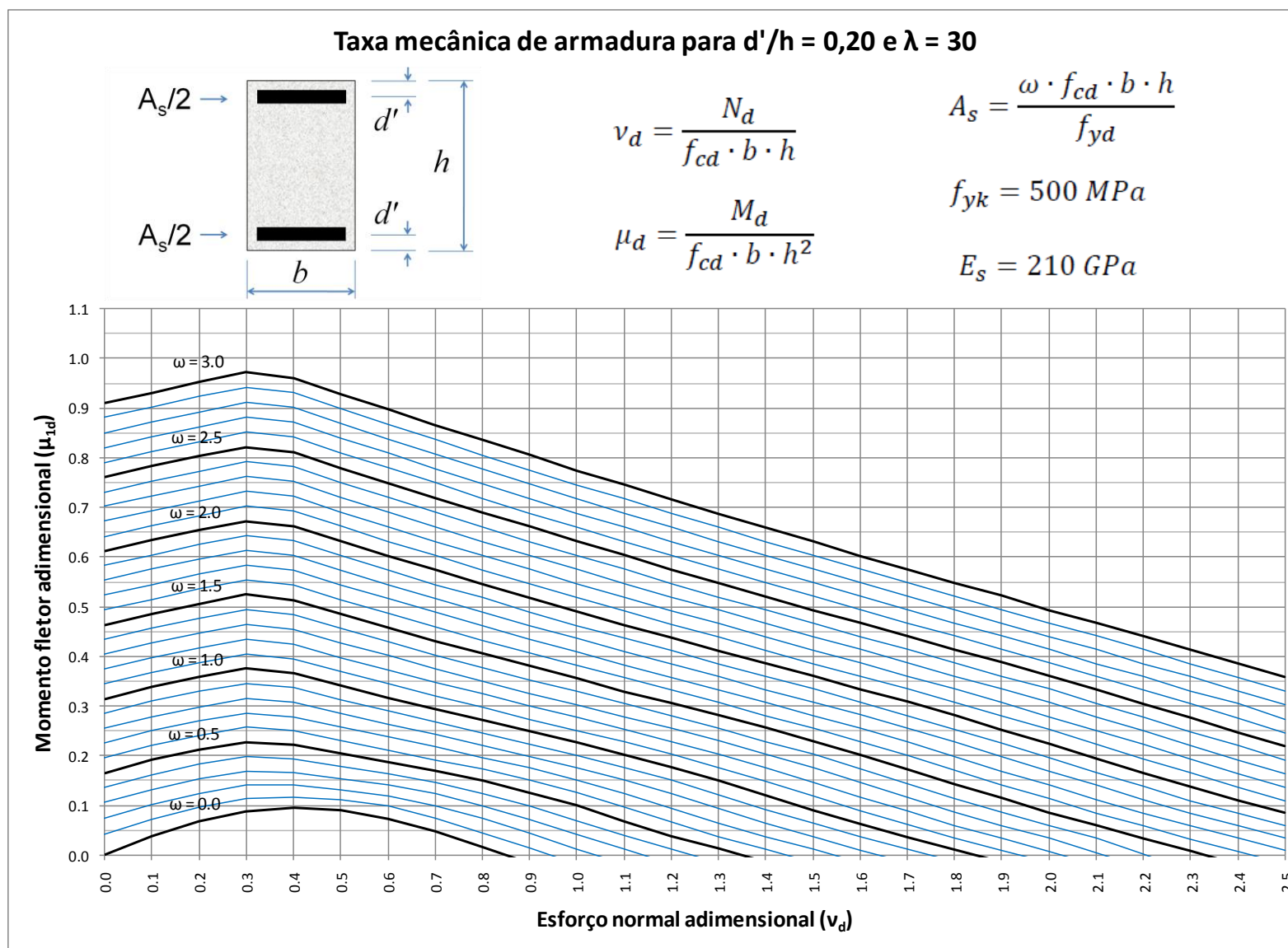
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yk}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

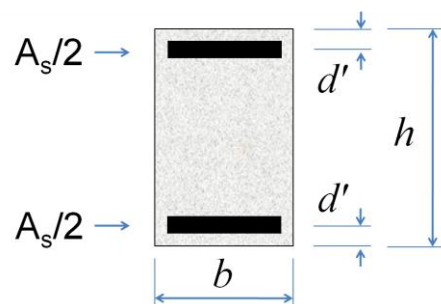
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\mathbf{v} = 0.0$	0.000	0.041	0.075	0.106	0.136	0.166	0.196	0.226	0.256	0.286	0.315	0.345	0.375	0.404	0.434	0.464	0.493	0.523	0.553	0.583	0.612	0.642	0.672	0.702	0.731	0.761	0.791	0.821	0.850	0.881	0.910
$\mathbf{v} = 0.1$	0.039	0.072	0.102	0.132	0.162	0.191	0.220	0.250	0.279	0.309	0.338	0.368	0.397	0.427	0.456	0.486	0.515	0.545	0.575	0.604	0.634	0.664	0.693	0.723	0.753	0.783	0.812	0.842	0.872	0.902	0.931
$\mathbf{v} = 0.2$	0.069	0.097	0.125	0.154	0.183	0.212	0.241	0.270	0.299	0.329	0.358	0.388	0.417	0.447	0.476	0.506	0.536	0.565	0.595	0.625	0.654	0.684	0.714	0.743	0.773	0.803	0.833	0.863	0.893	0.923	0.952
$\mathbf{v} = 0.3$	0.088	0.113	0.141	0.169	0.198	0.227	0.257	0.286	0.316	0.345	0.375	0.405	0.434	0.464	0.494	0.524	0.554	0.583	0.613	0.643	0.673	0.703	0.732	0.762	0.792	0.822	0.852	0.882	0.912	0.942	0.972
$\mathbf{v} = 0.4$	0.096	0.117	0.141	0.166	0.193	0.221	0.250	0.279	0.308	0.337	0.366	0.395	0.425	0.454	0.484	0.514	0.543	0.573	0.603	0.633	0.662	0.692	0.722	0.752	0.782	0.812	0.841	0.871	0.901	0.932	0.961
$\mathbf{v} = 0.5$	0.091	0.111	0.132	0.154	0.178	0.204	0.230	0.257	0.285	0.313	0.341	0.370	0.398	0.427	0.456	0.485	0.515	0.544	0.573	0.603	0.632	0.662	0.691	0.721	0.751	0.780	0.810	0.840	0.870	0.899	0.929
$\mathbf{v} = 0.6$	0.074	0.098	0.119	0.141	0.163	0.186	0.211	0.237	0.263	0.290	0.317	0.345	0.373	0.401	0.429	0.458	0.487	0.516	0.545	0.574	0.603	0.632	0.661	0.691	0.720	0.750	0.779	0.809	0.838	0.868	0.897
$\mathbf{v} = 0.7$	0.047	0.075	0.100	0.123	0.146	0.169	0.192	0.217	0.242	0.268	0.294	0.321	0.348	0.375	0.403	0.431	0.460	0.488	0.517	0.545	0.574	0.603	0.632	0.661	0.690	0.719	0.749	0.778	0.807	0.837	0.866
$\mathbf{v} = 0.8$	0.015	0.045	0.074	0.100	0.125	0.149	0.173	0.197	0.221	0.246	0.271	0.297	0.324	0.351	0.378	0.405	0.433	0.461	0.489	0.518	0.546	0.574	0.603	0.632	0.661	0.690	0.719	0.748	0.777	0.806	0.835
$\mathbf{v} = 0.9$		0.014	0.043	0.072	0.100	0.126	0.151	0.175	0.199	0.224	0.249	0.274	0.300	0.326	0.353	0.380	0.407	0.434	0.462	0.490	0.518	0.547	0.575	0.603	0.632	0.661	0.689	0.718	0.747	0.776	0.805
$\mathbf{v} = 1.0$			0.013	0.041	0.070	0.099	0.126	0.152	0.177	0.202	0.226	0.251	0.277	0.303	0.329	0.355	0.382	0.409	0.436	0.463	0.491	0.519	0.547	0.575	0.603	0.632	0.660	0.689	0.717	0.746	0.775
$\mathbf{v} = 1.1$				0.012	0.040	0.068	0.097	0.125	0.151	0.177	0.202	0.228	0.253	0.278	0.304	0.330	0.357	0.383	0.410	0.437	0.464	0.492	0.519	0.547	0.576	0.604	0.632	0.660	0.688	0.718	0.746
$\mathbf{v} = 1.2$					0.012	0.038	0.067	0.095	0.124	0.151	0.177	0.203	0.229	0.255	0.280	0.306	0.332	0.358	0.384	0.411	0.438	0.465	0.492	0.520	0.547	0.576	0.603	0.631	0.660	0.688	0.717
$\mathbf{v} = 1.3$						0.012	0.038	0.065	0.093	0.122	0.150	0.177	0.204	0.230	0.255	0.281	0.307	0.333	0.359	0.386	0.412	0.439	0.466	0.493	0.520	0.548	0.575	0.603	0.631	0.660	0.688
$\mathbf{v} = 1.4$							0.011	0.037	0.064	0.092	0.120	0.148	0.176	0.203	0.229	0.256	0.281	0.307	0.333	0.360	0.386	0.412	0.440	0.466	0.494	0.521	0.548	0.576	0.604	0.632	0.660
$\mathbf{v} = 1.5$								0.011	0.036	0.063	0.091	0.119	0.147	0.175	0.203	0.229	0.256	0.281	0.308	0.334	0.360	0.386	0.413	0.440	0.467	0.494	0.521	0.548	0.576	0.604	0.632
$\mathbf{v} = 1.6$									0.010	0.036	0.062	0.090	0.117	0.146	0.174	0.202	0.229	0.255	0.282	0.308	0.335	0.361	0.387	0.414	0.440	0.467	0.495	0.521	0.548	0.576	0.603
$\mathbf{v} = 1.7$										0.011	0.036	0.061	0.088	0.116	0.144	0.173	0.201	0.228	0.255	0.281	0.308	0.334	0.361	0.387	0.414	0.440	0.468	0.494	0.521	0.549	0.576
$\mathbf{v} = 1.8$											0.011	0.035	0.060	0.087	0.115	0.142	0.171	0.199	0.227	0.254	0.281	0.308	0.334	0.361	0.387	0.414	0.441	0.467	0.494	0.521	0.548
$\mathbf{v} = 1.9$												0.010	0.034	0.060	0.086	0.114	0.142	0.169	0.198	0.225	0.253	0.280	0.307	0.334	0.361	0.388	0.414	0.441	0.468	0.495	0.522
$\mathbf{v} = 2.0$													0.007	0.034	0.060	0.086	0.113	0.140	0.168	0.196	0.224	0.252	0.279	0.307	0.334	0.360	0.387	0.414	0.440	0.468	0.494
$\mathbf{v} = 2.1$														0.004	0.035	0.060	0.085	0.112	0.140	0.167	0.195	0.224	0.251	0.278	0.306	0.333	0.360	0.386	0.414	0.441	0.467
$\mathbf{v} = 2.2$															0.001	0.034	0.059	0.085	0.111	0.139	0.166	0.194	0.222	0.250	0.277	0.305	0.332	0.360	0.386	0.414	0.440
$\mathbf{v} = 2.3$																0.033	0.059	0.084	0.110	0.138	0.166	0.193	0.221	0.248	0.276	0.304	0.331	0.359	0.386	0.413	
$\mathbf{v} = 2.4$																	0.034	0.059	0.084	0.110	0.137	0.164	0.192	0.220	0.247	0.276	0.304	0.330	0.358	0.385	
$\mathbf{v} = 2.5$																		0.034	0.059	0.084	0.110	0.136	0.164	0.191	0.219	0.246	0.274	0.303	0.330	0.358	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,20$ e $\lambda = 60$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

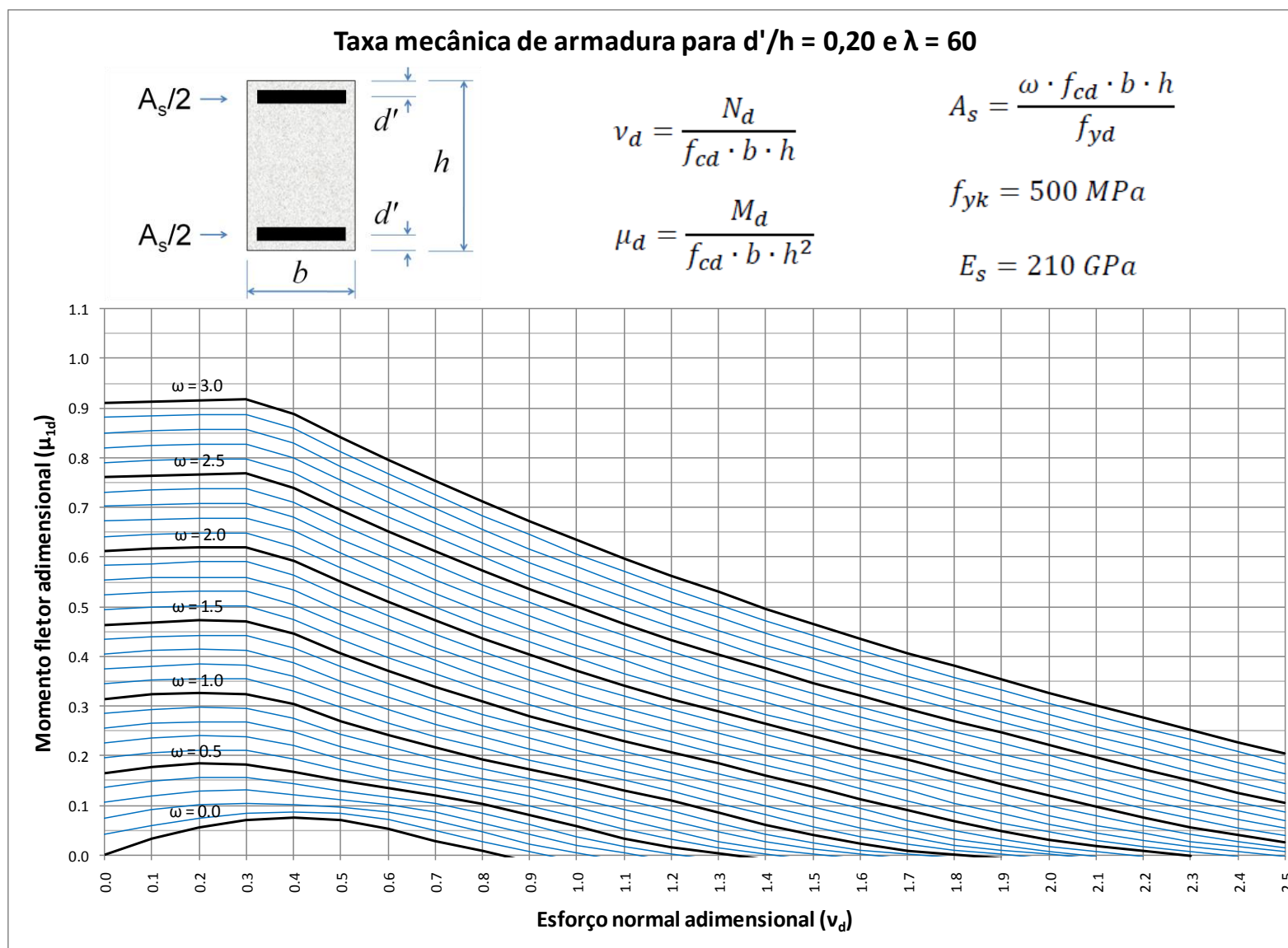
$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

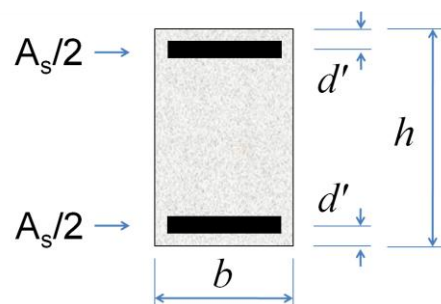
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\nu = 0.0$	0.000	0.041	0.075	0.106	0.136	0.166	0.196	0.226	0.256	0.286	0.315	0.345	0.375	0.404	0.434	0.464	0.493	0.523	0.553	0.583	0.612	0.642	0.672	0.702	0.731	0.761	0.791	0.821	0.850	0.881	0.910
$\nu = 0.1$	0.033	0.060	0.091	0.120	0.149	0.178	0.207	0.236	0.265	0.294	0.323	0.352	0.381	0.411	0.440	0.469	0.499	0.528	0.558	0.587	0.617	0.646	0.676	0.705	0.735	0.765	0.794	0.824	0.854	0.884	0.913
$\nu = 0.2$	0.055	0.075	0.101	0.128	0.156	0.184	0.212	0.240	0.269	0.298	0.327	0.356	0.385	0.414	0.443	0.472	0.502	0.531	0.560	0.590	0.619	0.649	0.678	0.708	0.738	0.767	0.797	0.827	0.856	0.886	0.916
$\nu = 0.3$	0.070	0.083	0.105	0.130	0.156	0.183	0.211	0.239	0.267	0.296	0.325	0.354	0.383	0.413	0.442	0.471	0.501	0.531	0.560	0.590	0.619	0.649	0.679	0.708	0.738	0.768	0.798	0.827	0.857	0.887	0.917
$\nu = 0.4$	0.075	0.087	0.102	0.121	0.143	0.168	0.193	0.220	0.247	0.275	0.303	0.331	0.359	0.388	0.417	0.446	0.475	0.504	0.534	0.563	0.593	0.622	0.652	0.681	0.711	0.740	0.770	0.800	0.829	0.859	0.889
$\nu = 0.5$	0.070	0.084	0.097	0.112	0.129	0.149	0.171	0.194	0.218	0.244	0.270	0.297	0.324	0.351	0.379	0.407	0.435	0.464	0.492	0.521	0.550	0.579	0.608	0.637	0.666	0.695	0.724	0.754	0.783	0.813	0.842
$\nu = 0.6$	0.053	0.071	0.087	0.101	0.117	0.134	0.152	0.172	0.194	0.217	0.241	0.266	0.292	0.318	0.344	0.371	0.398	0.426	0.454	0.482	0.510	0.538	0.566	0.595	0.624	0.652	0.681	0.710	0.739	0.768	0.797
$\nu = 0.7$	0.029	0.050	0.069	0.087	0.103	0.119	0.136	0.154	0.173	0.194	0.216	0.239	0.263	0.287	0.312	0.338	0.364	0.391	0.417	0.444	0.472	0.499	0.527	0.555	0.583	0.611	0.640	0.668	0.697	0.725	0.754
$\nu = 0.8$	0.008	0.026	0.046	0.065	0.084	0.102	0.119	0.136	0.154	0.173	0.193	0.215	0.237	0.260	0.283	0.308	0.333	0.358	0.384	0.410	0.436	0.463	0.490	0.517	0.545	0.572	0.600	0.628	0.656	0.684	0.712
$\nu = 0.9$		0.006	0.022	0.041	0.061	0.081	0.100	0.118	0.136	0.154	0.172	0.192	0.213	0.235	0.257	0.280	0.303	0.327	0.352	0.377	0.403	0.429	0.455	0.481	0.508	0.535	0.562	0.589	0.617	0.645	0.673
$\nu = 1.0$			0.005	0.020	0.037	0.057	0.077	0.097	0.115	0.134	0.152	0.171	0.191	0.211	0.232	0.254	0.276	0.299	0.323	0.347	0.372	0.397	0.422	0.448	0.474	0.500	0.526	0.553	0.580	0.607	0.634
$\nu = 1.1$				0.004	0.017	0.034	0.052	0.072	0.092	0.112	0.131	0.150	0.169	0.189	0.209	0.229	0.251	0.273	0.295	0.319	0.342	0.366	0.391	0.415	0.441	0.466	0.492	0.518	0.544	0.571	0.598
$\nu = 1.2$					0.003	0.015	0.031	0.049	0.068	0.088	0.109	0.128	0.148	0.167	0.187	0.206	0.227	0.248	0.270	0.292	0.315	0.337	0.361	0.385	0.409	0.434	0.459	0.484	0.510	0.537	0.562
$\nu = 1.3$						0.003	0.014	0.028	0.046	0.064	0.084	0.105	0.125	0.144	0.164	0.184	0.204	0.224	0.245	0.267	0.288	0.310	0.333	0.356	0.380	0.404	0.429	0.453	0.478	0.503	0.529
$\nu = 1.4$							0.002	0.012	0.026	0.042	0.061	0.081	0.100	0.121	0.141	0.161	0.181	0.201	0.221	0.242	0.263	0.284	0.307	0.329	0.352	0.375	0.398	0.422	0.447	0.472	0.496
$\nu = 1.5$								0.002	0.011	0.024	0.040	0.057	0.077	0.097	0.117	0.137	0.158	0.178	0.198	0.218	0.239	0.260	0.281	0.303	0.325	0.347	0.371	0.394	0.417	0.441	0.465
$\nu = 1.6$									0.002	0.010	0.022	0.038	0.054	0.073	0.093	0.113	0.134	0.154	0.174	0.194	0.215	0.235	0.256	0.278	0.299	0.321	0.343	0.366	0.389	0.412	0.435
$\nu = 1.7$										0.002	0.009	0.021	0.036	0.052	0.070	0.089	0.109	0.130	0.150	0.171	0.191	0.212	0.232	0.253	0.274	0.295	0.317	0.339	0.361	0.384	0.407
$\nu = 1.8$											0.001	0.009	0.020	0.033	0.050	0.068	0.086	0.105	0.126	0.147	0.167	0.187	0.208	0.229	0.249	0.270	0.292	0.313	0.335	0.357	0.380
$\nu = 1.9$												0.001	0.009	0.019	0.032	0.048	0.065	0.083	0.103	0.123	0.143	0.163	0.184	0.204	0.225	0.246	0.267	0.288	0.310	0.332	0.353
$\nu = 2.0$													0.001	0.008	0.018	0.031	0.046	0.062	0.080	0.099	0.119	0.139	0.160	0.180	0.201	0.222	0.242	0.263	0.284	0.306	0.327
$\nu = 2.1$															0.007	0.017	0.029	0.044	0.060	0.078	0.097	0.116	0.135	0.155	0.176	0.197	0.218	0.238	0.259	0.281	0.302
$\nu = 2.2$																0.007	0.017	0.029	0.043	0.058	0.075	0.094	0.112	0.132	0.153	0.173	0.194	0.215	0.235	0.256	0.277
$\nu = 2.3$																	0.007	0.016	0.028	0.041	0.056	0.074	0.091	0.109	0.129	0.150	0.169	0.190	0.210	0.232	0.253
$\nu = 2.4$																		0.007	0.016	0.028	0.041	0.055	0.071	0.089	0.107	0.126	0.145	0.166	0.186	0.208	0.228
$\nu = 2.5$																			0.006	0.015	0.026	0.039	0.054	0.070	0.086	0.105	0.124	0.143	0.163	0.183	0.204



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,20$ e $\lambda = 90$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

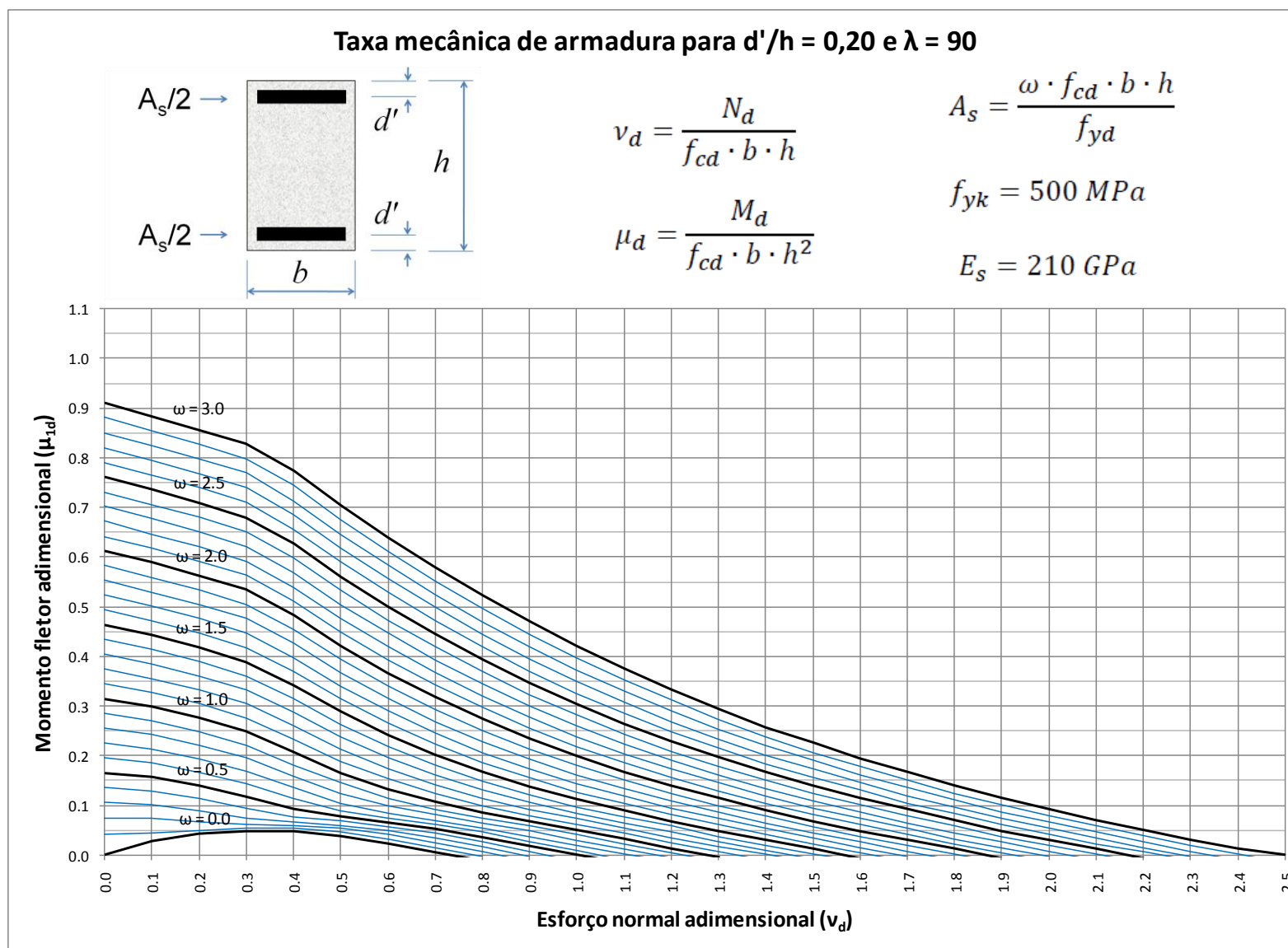
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

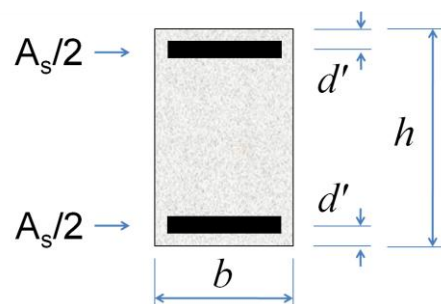
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$	
$\mathbf{v} = 0.0$	0.000	0.041	0.075	0.106	0.136	0.166	0.196	0.226	0.256	0.286	0.315	0.345	0.375	0.404	0.434	0.464	0.493	0.523	0.553	0.583	0.612	0.642	0.672	0.702	0.731	0.761	0.791	0.821	0.850	0.881	0.910	
$\mathbf{v} = 0.1$	0.028	0.045	0.073	0.101	0.129	0.157	0.185	0.213	0.242	0.270	0.299	0.327	0.356	0.385	0.414	0.443	0.472	0.501	0.530	0.559	0.589	0.618	0.647	0.677	0.706	0.736	0.765	0.795	0.824	0.854	0.884	
$\mathbf{v} = 0.2$	0.043	0.049	0.067	0.090	0.115	0.141	0.167	0.194	0.221	0.249	0.277	0.305	0.333	0.361	0.390	0.418	0.447	0.476	0.505	0.534	0.563	0.592	0.621	0.651	0.680	0.709	0.739	0.768	0.798	0.827	0.857	
$\mathbf{v} = 0.3$	0.049	0.054	0.062	0.075	0.095	0.118	0.143	0.168	0.195	0.221	0.249	0.276	0.304	0.332	0.361	0.389	0.418	0.447	0.476	0.505	0.534	0.563	0.592	0.621	0.651	0.680	0.710	0.739	0.769	0.798	0.828	
$\mathbf{v} = 0.4$	0.047	0.053	0.059	0.067	0.077	0.093	0.113	0.135	0.158	0.182	0.207	0.233	0.260	0.287	0.314	0.341	0.369	0.397	0.426	0.454	0.483	0.511	0.540	0.569	0.598	0.627	0.656	0.685	0.714	0.744	0.773	
$\mathbf{v} = 0.5$	0.039	0.046	0.053	0.060	0.068	0.077	0.089	0.105	0.124	0.145	0.166	0.189	0.213	0.237	0.263	0.288	0.314	0.341	0.367	0.394	0.422	0.449	0.477	0.505	0.533	0.561	0.590	0.618	0.647	0.675	0.704	
$\mathbf{v} = 0.6$	0.022	0.032	0.041	0.049	0.057	0.065	0.075	0.085	0.099	0.115	0.133	0.153	0.174	0.195	0.218	0.242	0.266	0.290	0.316	0.341	0.367	0.393	0.420	0.446	0.473	0.501	0.528	0.556	0.583	0.612	0.639	
$\mathbf{v} = 0.7$	0.005	0.014	0.025	0.034	0.043	0.052	0.061	0.070	0.081	0.092	0.107	0.124	0.141	0.160	0.180	0.202	0.223	0.246	0.269	0.293	0.318	0.342	0.367	0.393	0.419	0.445	0.471	0.498	0.525	0.552	0.579	
$\mathbf{v} = 0.8$			0.006	0.016	0.026	0.036	0.046	0.055	0.065	0.075	0.086	0.099	0.114	0.131	0.148	0.167	0.187	0.207	0.229	0.251	0.273	0.297	0.320	0.344	0.369	0.393	0.419	0.444	0.470	0.496	0.522	
$\mathbf{v} = 0.9$					0.007	0.018	0.028	0.038	0.048	0.058	0.068	0.080	0.091	0.106	0.121	0.137	0.155	0.173	0.193	0.213	0.234	0.255	0.277	0.300	0.323	0.347	0.371	0.395	0.420	0.445	0.470	
$\mathbf{v} = 1.0$						0.001	0.009	0.020	0.030	0.041	0.051	0.062	0.073	0.084	0.097	0.112	0.127	0.144	0.161	0.180	0.199	0.218	0.239	0.260	0.282	0.304	0.326	0.349	0.373	0.397	0.421	
$\mathbf{v} = 1.1$								0.003	0.012	0.022	0.033	0.043	0.054	0.065	0.076	0.089	0.103	0.118	0.133	0.150	0.167	0.185	0.204	0.223	0.244	0.265	0.286	0.308	0.330	0.353	0.375	
$\mathbf{v} = 1.2$									0.004	0.014	0.025	0.035	0.046	0.058	0.069	0.081	0.094	0.108	0.123	0.139	0.155	0.173	0.191	0.209	0.229	0.249	0.269	0.290	0.312	0.333		
$\mathbf{v} = 1.3$												0.007	0.017	0.027	0.038	0.049	0.061	0.073	0.086	0.099	0.114	0.129	0.145	0.161	0.179	0.196	0.215	0.234	0.254	0.274	0.295	
$\mathbf{v} = 1.4$													0.001	0.009	0.020	0.031	0.042	0.053	0.065	0.078	0.090	0.104	0.119	0.134	0.151	0.167	0.184	0.202	0.221	0.239	0.258	
$\mathbf{v} = 1.5$															0.003	0.012	0.023	0.034	0.045	0.057	0.069	0.082	0.095	0.110	0.125	0.140	0.156	0.173	0.190	0.207	0.226	
$\mathbf{v} = 1.6$																	0.005	0.015	0.026	0.038	0.049	0.061	0.074	0.086	0.101	0.114	0.130	0.145	0.161	0.178	0.195	
$\mathbf{v} = 1.7$																			0.008	0.019	0.030	0.042	0.054	0.065	0.078	0.092	0.105	0.120	0.135	0.150	0.167	
$\mathbf{v} = 1.8$																				0.002	0.012	0.023	0.033	0.045	0.058	0.070	0.083	0.096	0.111	0.125	0.140	
$\mathbf{v} = 1.9$																						0.005	0.015	0.026	0.038	0.049	0.062	0.074	0.087	0.102	0.116	
$\mathbf{v} = 2.0$																									0.008	0.019	0.030	0.042	0.054	0.066	0.079	0.093
$\mathbf{v} = 2.1$																										0.002	0.012	0.023	0.034	0.046	0.059	0.071
$\mathbf{v} = 2.2$																											0.006	0.015	0.026	0.039	0.051	
$\mathbf{v} = 2.3$																													0.008	0.020	0.031	
$\mathbf{v} = 2.4$																														0.002	0.012	
$\mathbf{v} = 2.5$																															0.000	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,25$ e $\lambda = 0$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

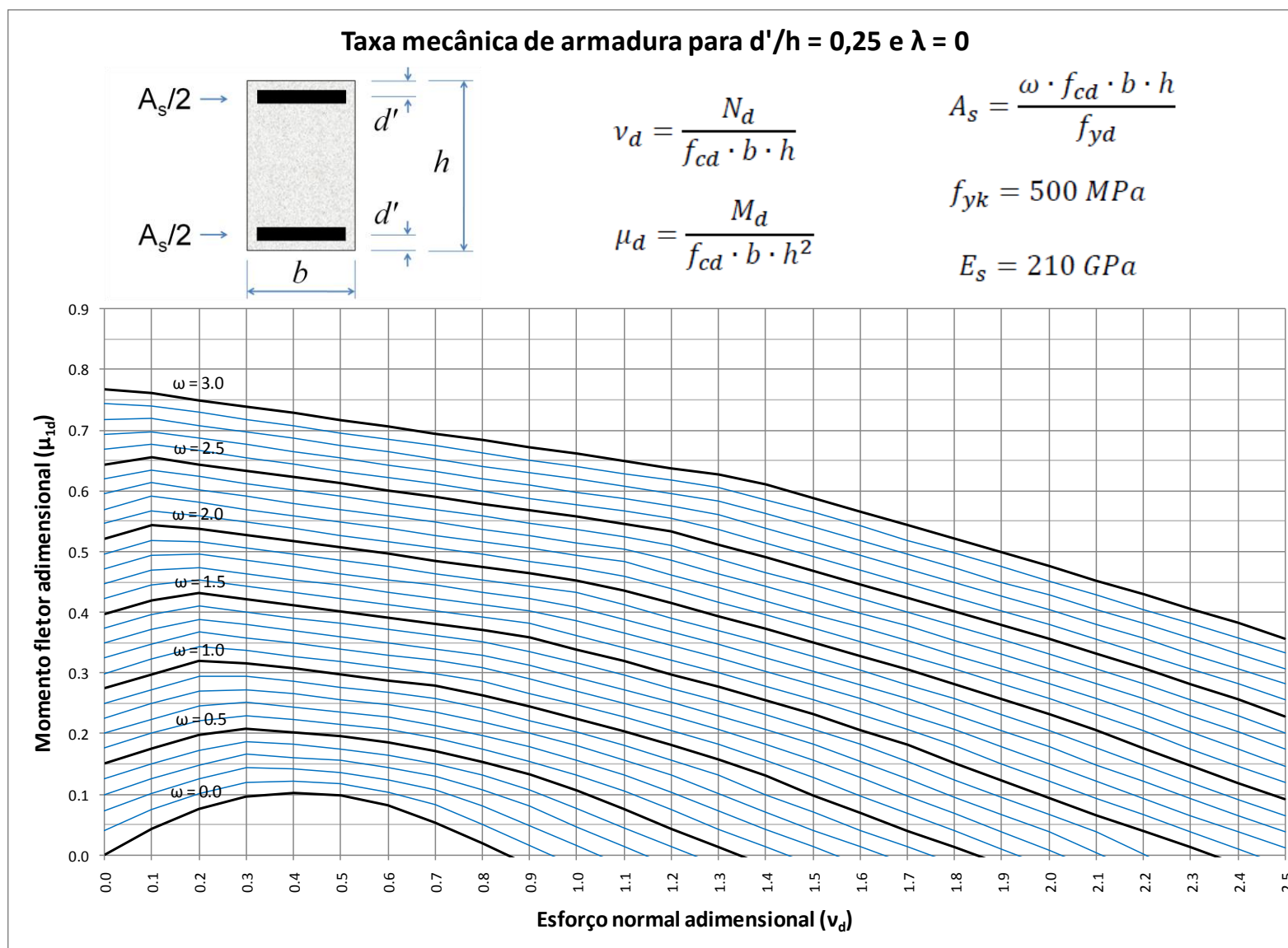
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

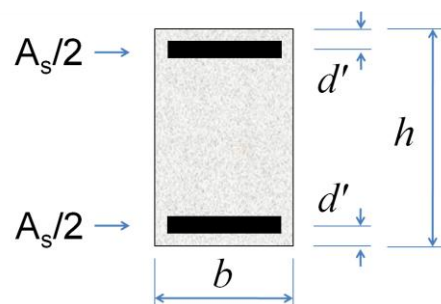
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.000	0.073	0.100	0.125	0.151	0.176	0.201	0.225	0.250	0.275	0.299	0.324	0.349	0.373	0.398	0.423	0.447	0.472	0.496	0.521	0.546	0.570	0.595	0.620	0.644	0.669	0.694	0.718	0.743	0.768
$v = 0.1$	0.044	0.075	0.101	0.126	0.151	0.175	0.200	0.224	0.249	0.273	0.298	0.322	0.347	0.371	0.396	0.420	0.445	0.469	0.494	0.519	0.543	0.568	0.591	0.613	0.634	0.655	0.677	0.698	0.719	0.740	0.762
$v = 0.2$	0.076	0.101	0.125	0.149	0.173	0.197	0.221	0.246	0.270	0.294	0.319	0.343	0.368	0.389	0.410	0.432	0.453	0.474	0.496	0.517	0.538	0.559	0.581	0.602	0.623	0.644	0.666	0.687	0.708	0.729	0.750
$v = 0.3$	0.096	0.119	0.143	0.166	0.187	0.209	0.230	0.252	0.273	0.294	0.316	0.337	0.358	0.379	0.400	0.422	0.443	0.464	0.485	0.506	0.528	0.549	0.570	0.591	0.612	0.633	0.655	0.676	0.697	0.718	0.739
$v = 0.4$	0.103	0.122	0.141	0.161	0.182	0.202	0.223	0.244	0.265	0.286	0.307	0.328	0.349	0.370	0.391	0.412	0.433	0.454	0.475	0.496	0.517	0.538	0.559	0.580	0.601	0.622	0.644	0.665	0.686	0.707	0.728
$v = 0.5$	0.099	0.117	0.136	0.156	0.175	0.195	0.216	0.236	0.256	0.277	0.298	0.318	0.339	0.360	0.381	0.402	0.423	0.444	0.464	0.485	0.506	0.527	0.548	0.569	0.591	0.612	0.633	0.654	0.675	0.696	0.717
$v = 0.6$	0.082	0.104	0.124	0.144	0.165	0.186	0.207	0.227	0.248	0.268	0.288	0.309	0.329	0.350	0.371	0.392	0.412	0.433	0.454	0.475	0.496	0.517	0.538	0.559	0.580	0.601	0.622	0.643	0.664	0.685	0.706
$v = 0.7$	0.053	0.082	0.107	0.129	0.150	0.171	0.192	0.214	0.236	0.258	0.279	0.299	0.320	0.340	0.361	0.381	0.402	0.423	0.444	0.464	0.485	0.506	0.527	0.548	0.569	0.590	0.611	0.632	0.652	0.674	0.694
$v = 0.8$	0.018	0.051	0.081	0.107	0.131	0.153	0.175	0.197	0.219	0.241	0.263	0.286	0.309	0.330	0.351	0.371	0.392	0.412	0.433	0.454	0.474	0.495	0.516	0.537	0.558	0.579	0.600	0.620	0.641	0.662	0.683
$v = 0.9$		0.016	0.048	0.080	0.107	0.132	0.155	0.178	0.200	0.222	0.245	0.267	0.290	0.313	0.336	0.359	0.381	0.402	0.422	0.443	0.464	0.484	0.505	0.526	0.547	0.568	0.588	0.609	0.630	0.651	0.672
$v = 1.0$			0.015	0.046	0.077	0.106	0.132	0.157	0.180	0.203	0.225	0.248	0.270	0.293	0.316	0.339	0.362	0.386	0.409	0.432	0.453	0.474	0.494	0.515	0.536	0.557	0.577	0.598	0.619	0.640	0.661
$v = 1.1$				0.014	0.045	0.075	0.105	0.132	0.157	0.181	0.204	0.227	0.250	0.273	0.296	0.319	0.342	0.365	0.389	0.412	0.436	0.460	0.483	0.504	0.525	0.545	0.566	0.587	0.608	0.629	0.649
$v = 1.2$					0.014	0.044	0.074	0.104	0.132	0.157	0.182	0.206	0.229	0.252	0.275	0.298	0.321	0.345	0.368	0.391	0.415	0.438	0.462	0.486	0.510	0.534	0.555	0.576	0.596	0.617	0.638
$v = 1.3$						0.013	0.043	0.072	0.102	0.131	0.157	0.182	0.207	0.230	0.254	0.277	0.300	0.324	0.347	0.370	0.394	0.417	0.441	0.464	0.488	0.512	0.536	0.560	0.584	0.606	0.627
$v = 1.4$							0.013	0.042	0.101	0.100	0.130	0.157	0.182	0.207	0.231	0.255	0.279	0.302	0.325	0.349	0.372	0.396	0.419	0.443	0.466	0.490	0.514	0.538	0.562	0.586	0.610
$v = 1.5$								0.013	0.041	0.070	0.099	0.128	0.156	0.182	0.207	0.232	0.256	0.280	0.303	0.327	0.350	0.374	0.397	0.421	0.445	0.468	0.492	0.516	0.540	0.564	0.588
$v = 1.6$									0.013	0.040	0.069	0.098	0.127	0.155	0.182	0.207	0.232	0.257	0.281	0.304	0.328	0.352	0.375	0.399	0.423	0.446	0.470	0.494	0.518	0.542	0.566
$v = 1.7$										0.013	0.040	0.068	0.097	0.125	0.154	0.181	0.207	0.232	0.257	0.281	0.305	0.329	0.353	0.377	0.400	0.424	0.448	0.472	0.495	0.519	0.543
$v = 1.8$											0.012	0.040	0.068	0.096	0.124	0.152	0.180	0.207	0.232	0.257	0.282	0.306	0.330	0.354	0.378	0.402	0.425	0.449	0.473	0.497	0.521
$v = 1.9$												0.010	0.039	0.067	0.095	0.123	0.151	0.179	0.206	0.232	0.257	0.282	0.307	0.331	0.355	0.379	0.403	0.427	0.450	0.475	0.498
$v = 2.0$													0.007	0.039	0.066	0.094	0.122	0.150	0.178	0.206	0.232	0.257	0.282	0.307	0.331	0.356	0.380	0.404	0.428	0.452	0.476
$v = 2.1$														0.004	0.039	0.066	0.094	0.121	0.149	0.177	0.205	0.231	0.257	0.282	0.307	0.332	0.356	0.380	0.404	0.429	0.453
$v = 2.2$															0.001	0.039	0.066	0.093	0.121	0.148	0.176	0.204	0.231	0.257	0.282	0.307	0.332	0.357	0.381	0.405	0.429
$v = 2.3$																	0.038	0.065	0.093	0.120	0.148	0.175	0.203	0.230	0.256	0.282	0.307	0.332	0.357	0.382	0.406
$v = 2.4$																		0.038	0.065	0.092	0.119	0.147	0.174	0.202	0.229	0.256	0.282	0.307	0.332	0.357	0.382
$v = 2.5$																			0.038	0.065	0.092	0.119	0.146	0.174	0.201	0.228	0.255	0.282	0.307	0.333	0.357



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,25$ e $\lambda = 30$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

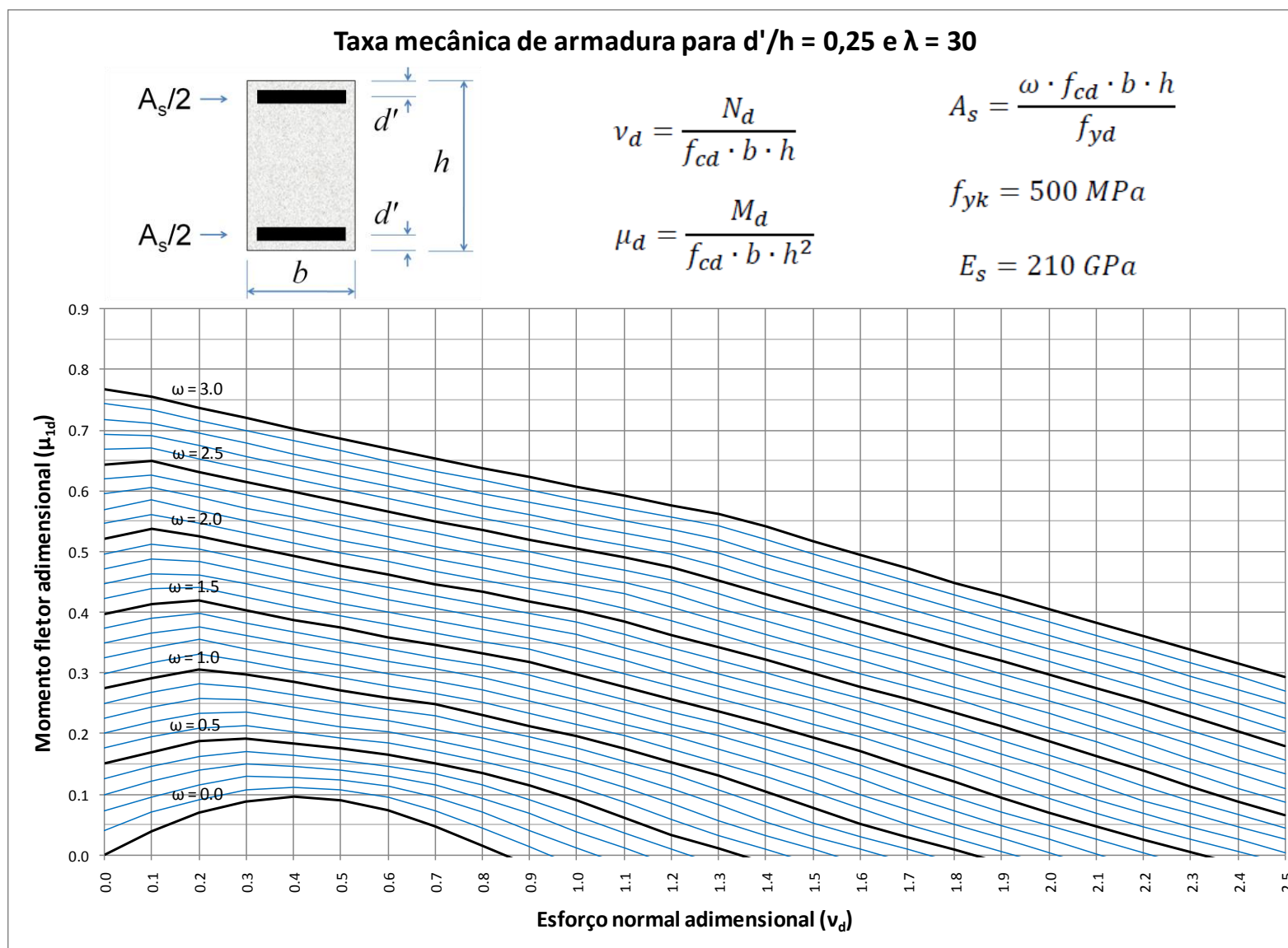
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

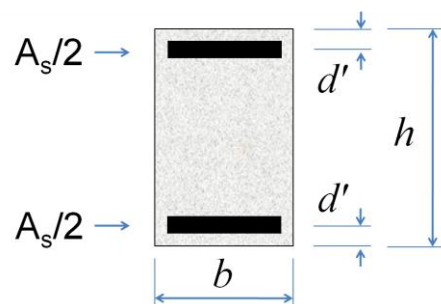
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\nu = 0.0$	0.000	0.000	0.073	0.100	0.125	0.151	0.176	0.201	0.225	0.250	0.275	0.299	0.324	0.349	0.373	0.398	0.423	0.447	0.472	0.496	0.521	0.546	0.570	0.595	0.620	0.644	0.669	0.694	0.718	0.743	0.768
$\nu = 0.1$	0.039	0.070	0.096	0.121	0.146	0.170	0.195	0.219	0.243	0.268	0.292	0.316	0.341	0.365	0.390	0.414	0.439	0.463	0.488	0.512	0.537	0.561	0.585	0.606	0.627	0.649	0.670	0.691	0.712	0.734	0.755
$\nu = 0.2$	0.069	0.092	0.116	0.139	0.163	0.187	0.210	0.234	0.258	0.282	0.306	0.331	0.355	0.376	0.398	0.419	0.440	0.462	0.483	0.504	0.525	0.547	0.568	0.589	0.610	0.631	0.653	0.674	0.695	0.716	0.737
$\nu = 0.3$	0.088	0.107	0.129	0.150	0.171	0.192	0.213	0.235	0.256	0.277	0.298	0.319	0.340	0.361	0.382	0.403	0.425	0.446	0.467	0.488	0.509	0.530	0.551	0.572	0.593	0.615	0.636	0.657	0.678	0.699	0.720
$\nu = 0.4$	0.096	0.111	0.127	0.145	0.164	0.183	0.203	0.223	0.243	0.264	0.285	0.305	0.326	0.347	0.367	0.388	0.409	0.430	0.451	0.472	0.493	0.514	0.535	0.556	0.577	0.598	0.619	0.640	0.661	0.682	0.703
$\nu = 0.5$	0.091	0.107	0.123	0.140	0.157	0.175	0.193	0.212	0.232	0.252	0.272	0.292	0.312	0.333	0.353	0.374	0.394	0.415	0.436	0.456	0.477	0.498	0.519	0.540	0.561	0.582	0.603	0.624	0.645	0.666	0.686
$\nu = 0.6$	0.074	0.095	0.113	0.130	0.147	0.165	0.184	0.202	0.221	0.240	0.259	0.279	0.299	0.319	0.339	0.359	0.380	0.401	0.421	0.441	0.462	0.483	0.504	0.524	0.545	0.566	0.587	0.607	0.628	0.649	0.670
$\nu = 0.7$	0.047	0.073	0.095	0.115	0.133	0.151	0.170	0.188	0.208	0.229	0.248	0.267	0.286	0.306	0.326	0.346	0.366	0.386	0.406	0.427	0.447	0.468	0.488	0.509	0.530	0.550	0.571	0.592	0.612	0.633	0.654
$\nu = 0.8$	0.015	0.044	0.071	0.094	0.115	0.135	0.154	0.173	0.192	0.211	0.231	0.252	0.273	0.293	0.313	0.332	0.352	0.372	0.392	0.412	0.433	0.453	0.473	0.493	0.514	0.535	0.555	0.576	0.596	0.618	0.638
$\nu = 0.9$		0.013	0.041	0.068	0.092	0.115	0.136	0.155	0.174	0.194	0.213	0.233	0.254	0.275	0.296	0.318	0.339	0.358	0.378	0.398	0.418	0.438	0.458	0.479	0.499	0.520	0.540	0.561	0.581	0.602	0.622
$\nu = 1.0$			0.012	0.038	0.065	0.090	0.114	0.135	0.156	0.176	0.195	0.215	0.235	0.255	0.276	0.297	0.319	0.341	0.363	0.384	0.404	0.424	0.444	0.464	0.484	0.505	0.525	0.545	0.566	0.586	0.607
$\nu = 1.1$				0.011	0.036	0.062	0.087	0.112	0.134	0.155	0.176	0.196	0.216	0.236	0.256	0.277	0.298	0.320	0.341	0.363	0.385	0.407	0.430	0.450	0.470	0.490	0.510	0.530	0.551	0.571	0.592
$\nu = 1.2$					0.010	0.034	0.059	0.085	0.110	0.133	0.154	0.175	0.196	0.216	0.236	0.257	0.278	0.299	0.320	0.342	0.363	0.385	0.408	0.430	0.453	0.475	0.496	0.516	0.536	0.556	0.576
$\nu = 1.3$						0.010	0.033	0.057	0.083	0.107	0.131	0.153	0.175	0.196	0.217	0.237	0.257	0.278	0.299	0.321	0.342	0.363	0.386	0.407	0.430	0.452	0.475	0.497	0.520	0.542	0.561
$\nu = 1.4$							0.009	0.032	0.055	0.080	0.105	0.129	0.152	0.174	0.195	0.216	0.237	0.258	0.279	0.300	0.321	0.342	0.363	0.385	0.407	0.429	0.452	0.474	0.496	0.520	0.542
$\nu = 1.5$								0.009	0.030	0.053	0.078	0.103	0.127	0.150	0.173	0.194	0.216	0.237	0.257	0.278	0.299	0.320	0.342	0.363	0.385	0.407	0.429	0.451	0.473	0.496	0.518
$\nu = 1.6$									0.009	0.030	0.052	0.076	0.100	0.125	0.148	0.171	0.194	0.215	0.236	0.258	0.278	0.299	0.321	0.342	0.363	0.385	0.407	0.429	0.451	0.473	0.495
$\nu = 1.7$										0.009	0.029	0.051	0.074	0.098	0.122	0.146	0.170	0.192	0.214	0.236	0.257	0.278	0.299	0.321	0.342	0.363	0.384	0.406	0.429	0.451	0.472
$\nu = 1.8$											0.008	0.028	0.050	0.073	0.096	0.121	0.145	0.168	0.191	0.213	0.235	0.257	0.277	0.299	0.320	0.341	0.363	0.384	0.406	0.428	0.449
$\nu = 1.9$												0.006	0.028	0.048	0.071	0.095	0.119	0.143	0.166	0.189	0.212	0.234	0.256	0.277	0.298	0.319	0.341	0.362	0.384	0.406	0.428
$\nu = 2.0$													0.004	0.027	0.048	0.070	0.093	0.117	0.141	0.164	0.188	0.210	0.233	0.254	0.276	0.298	0.319	0.340	0.362	0.383	0.405
$\nu = 2.1$														0.002	0.026	0.047	0.069	0.091	0.116	0.139	0.163	0.186	0.209	0.231	0.253	0.275	0.297	0.318	0.340	0.361	0.383
$\nu = 2.2$																0.026	0.046	0.068	0.090	0.113	0.138	0.161	0.185	0.207	0.230	0.252	0.274	0.296	0.318	0.339	0.361
$\nu = 2.3$																	0.026	0.046	0.068	0.090	0.113	0.136	0.159	0.183	0.206	0.229	0.251	0.273	0.294	0.317	0.338
$\nu = 2.4$																		0.025	0.046	0.067	0.089	0.110	0.134	0.157	0.181	0.204	0.227	0.250	0.272	0.294	0.316
$\nu = 2.5$																			0.025	0.045	0.066	0.088	0.110	0.133	0.156	0.179	0.203	0.225	0.249	0.271	0.293



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,25$ e $\lambda = 60$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

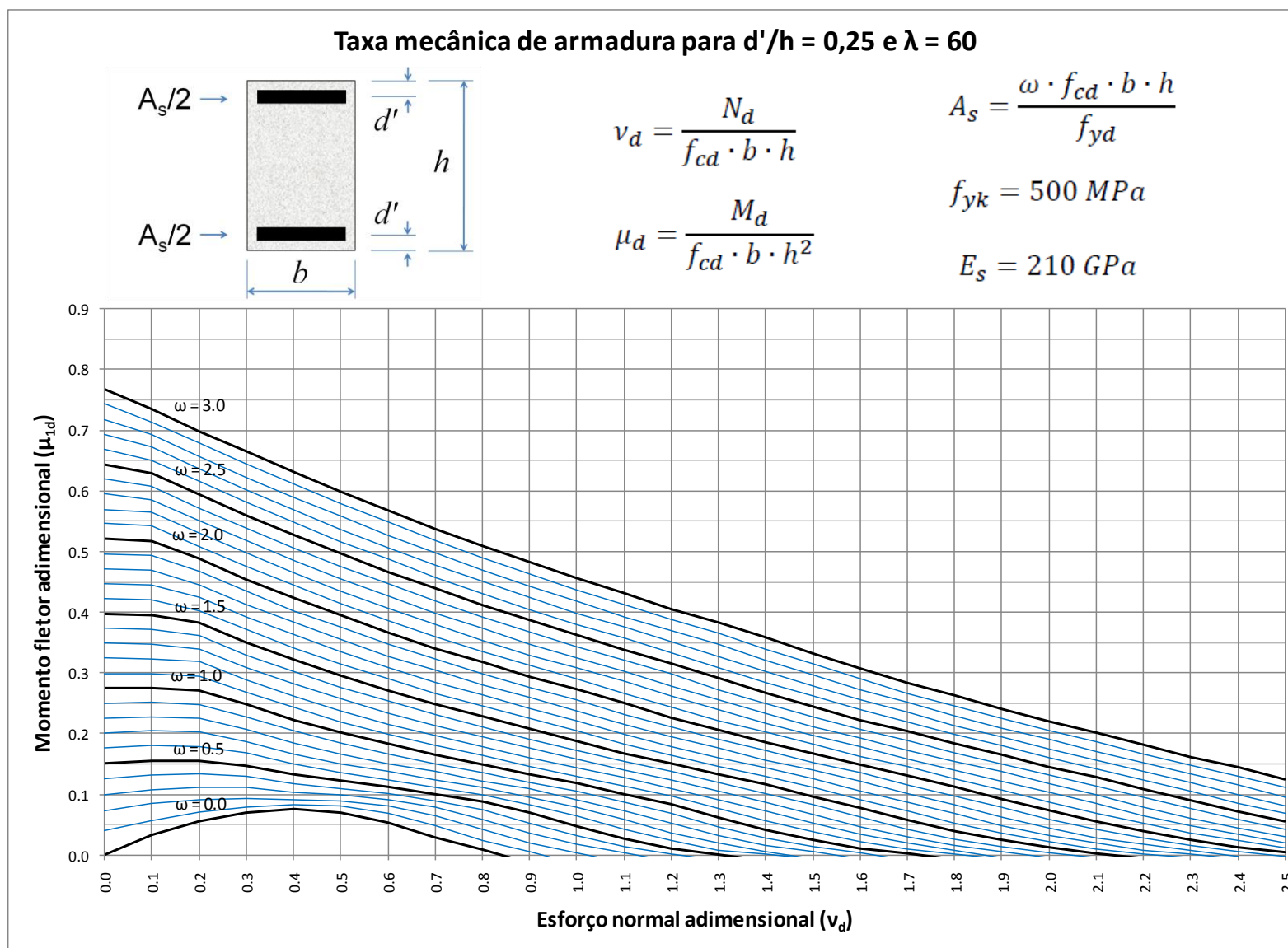
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

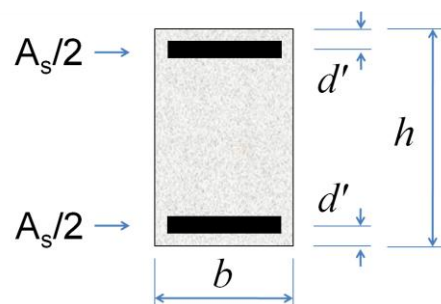
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\mathbf{v} = 0.0$	0.000	0.000	0.073	0.100	0.125	0.151	0.176	0.201	0.225	0.250	0.275	0.299	0.324	0.349	0.373	0.398	0.423	0.447	0.472	0.496	0.521	0.546	0.570	0.595	0.620	0.644	0.669	0.694	0.718	0.743	0.768
$\mathbf{v} = 0.1$	0.033	0.057	0.084	0.108	0.132	0.156	0.180	0.204	0.227	0.251	0.275	0.299	0.323	0.347	0.371	0.396	0.420	0.444	0.469	0.493	0.517	0.542	0.565	0.586	0.608	0.629	0.650	0.672	0.693	0.714	0.735
$\mathbf{v} = 0.2$	0.055	0.070	0.091	0.112	0.134	0.156	0.179	0.202	0.225	0.248	0.271	0.295	0.318	0.339	0.361	0.382	0.403	0.424	0.445	0.467	0.488	0.509	0.530	0.551	0.572	0.594	0.615	0.636	0.657	0.678	0.699
$\mathbf{v} = 0.3$	0.070	0.078	0.093	0.111	0.129	0.148	0.168	0.187	0.207	0.227	0.248	0.268	0.289	0.309	0.330	0.351	0.372	0.392	0.413	0.434	0.455	0.476	0.497	0.518	0.539	0.560	0.581	0.602	0.622	0.644	0.665
$\mathbf{v} = 0.4$	0.075	0.083	0.092	0.104	0.117	0.133	0.150	0.167	0.185	0.204	0.223	0.243	0.262	0.282	0.302	0.322	0.342	0.363	0.383	0.403	0.424	0.445	0.465	0.486	0.506	0.527	0.548	0.569	0.590	0.611	0.631
$\mathbf{v} = 0.5$	0.070	0.081	0.090	0.099	0.109	0.122	0.135	0.151	0.167	0.184	0.201	0.220	0.238	0.257	0.276	0.296	0.315	0.335	0.355	0.375	0.395	0.415	0.435	0.455	0.476	0.496	0.517	0.537	0.558	0.579	0.599
$\mathbf{v} = 0.6$	0.053	0.068	0.081	0.092	0.101	0.112	0.124	0.137	0.151	0.166	0.183	0.199	0.216	0.234	0.253	0.271	0.290	0.309	0.328	0.348	0.367	0.387	0.407	0.427	0.446	0.467	0.487	0.507	0.527	0.548	0.568
$\mathbf{v} = 0.7$	0.029	0.048	0.064	0.078	0.090	0.101	0.112	0.124	0.137	0.151	0.166	0.181	0.197	0.214	0.231	0.249	0.267	0.285	0.304	0.322	0.341	0.360	0.380	0.399	0.419	0.439	0.458	0.478	0.498	0.518	0.538
$\mathbf{v} = 0.8$	0.008	0.024	0.042	0.059	0.074	0.088	0.099	0.111	0.122	0.135	0.149	0.164	0.179	0.195	0.211	0.228	0.245	0.263	0.281	0.299	0.317	0.335	0.354	0.373	0.393	0.412	0.431	0.451	0.470	0.490	0.510
$\mathbf{v} = 0.9$		0.005	0.020	0.036	0.053	0.069	0.083	0.096	0.109	0.120	0.133	0.146	0.161	0.176	0.191	0.208	0.225	0.242	0.259	0.276	0.294	0.312	0.330	0.348	0.367	0.386	0.405	0.424	0.443	0.463	0.482
$\mathbf{v} = 1.0$			0.004	0.017	0.032	0.048	0.064	0.079	0.092	0.105	0.118	0.130	0.144	0.158	0.172	0.188	0.204	0.221	0.238	0.256	0.273	0.290	0.308	0.325	0.344	0.362	0.380	0.399	0.418	0.437	0.456
$\mathbf{v} = 1.1$				0.003	0.013	0.027	0.042	0.058	0.073	0.087	0.101	0.114	0.127	0.140	0.154	0.168	0.183	0.199	0.215	0.232	0.250	0.267	0.286	0.303	0.321	0.339	0.357	0.375	0.393	0.412	0.431
$\mathbf{v} = 1.2$					0.002	0.011	0.023	0.037	0.052	0.068	0.083	0.097	0.110	0.124	0.137	0.151	0.164	0.179	0.194	0.211	0.227	0.244	0.261	0.279	0.298	0.316	0.334	0.352	0.370	0.388	0.406
$\mathbf{v} = 1.3$						0.001	0.008	0.019	0.033	0.047	0.062	0.077	0.092	0.106	0.120	0.133	0.147	0.161	0.176	0.191	0.206	0.222	0.239	0.256	0.273	0.291	0.309	0.328	0.347	0.365	0.383
$\mathbf{v} = 1.4$							0.001	0.006	0.016	0.028	0.042	0.057	0.072	0.088	0.102	0.116	0.130	0.143	0.157	0.172	0.186	0.202	0.217	0.233	0.250	0.267	0.284	0.303	0.321	0.339	0.358
$\mathbf{v} = 1.5$								0.005	0.014	0.025	0.038	0.052	0.067	0.083	0.097	0.111	0.125	0.139	0.153	0.167	0.182	0.197	0.212	0.228	0.245	0.261	0.278	0.296	0.314	0.332	
$\mathbf{v} = 1.6$									0.003	0.011	0.021	0.034	0.047	0.062	0.078	0.092	0.106	0.121	0.135	0.149	0.163	0.178	0.193	0.208	0.223	0.239	0.256	0.272	0.290	0.307	
$\mathbf{v} = 1.7$										0.002	0.009	0.019	0.030	0.043	0.058	0.072	0.088	0.102	0.116	0.131	0.145	0.159	0.173	0.188	0.203	0.219	0.235	0.251	0.267	0.284	
$\mathbf{v} = 1.8$											0.001	0.007	0.016	0.027	0.040	0.053	0.068	0.083	0.097	0.112	0.126	0.140	0.155	0.169	0.184	0.199	0.214	0.230	0.246	0.262	
$\mathbf{v} = 1.9$													0.006	0.013	0.024	0.036	0.049	0.063	0.078	0.093	0.107	0.122	0.137	0.151	0.165	0.180	0.195	0.209	0.225	0.240	
$\mathbf{v} = 2.0$															0.004	0.012	0.021	0.033	0.045	0.059	0.073	0.088	0.103	0.118	0.132	0.146	0.161	0.175	0.190	0.205	
$\mathbf{v} = 2.1$																0.003	0.009	0.019	0.029	0.042	0.056	0.069	0.084	0.099	0.113	0.128	0.142	0.156	0.171	0.186	
$\mathbf{v} = 2.2$																	0.002	0.008	0.017	0.028	0.039	0.052	0.065	0.079	0.095	0.109	0.123	0.138	0.152	0.167	
$\mathbf{v} = 2.3$																		0.001	0.007	0.015	0.024	0.036	0.048	0.061	0.076	0.090	0.105	0.120	0.133	0.148	
$\mathbf{v} = 2.4$																			0.006	0.013	0.023	0.034	0.044	0.058	0.072	0.085	0.100	0.115	0.130	0.144	
$\mathbf{v} = 2.5$																				0.005	0.011	0.020	0.030	0.043	0.055	0.068	0.081	0.096	0.111	0.125	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,25$ e $\lambda = 90$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

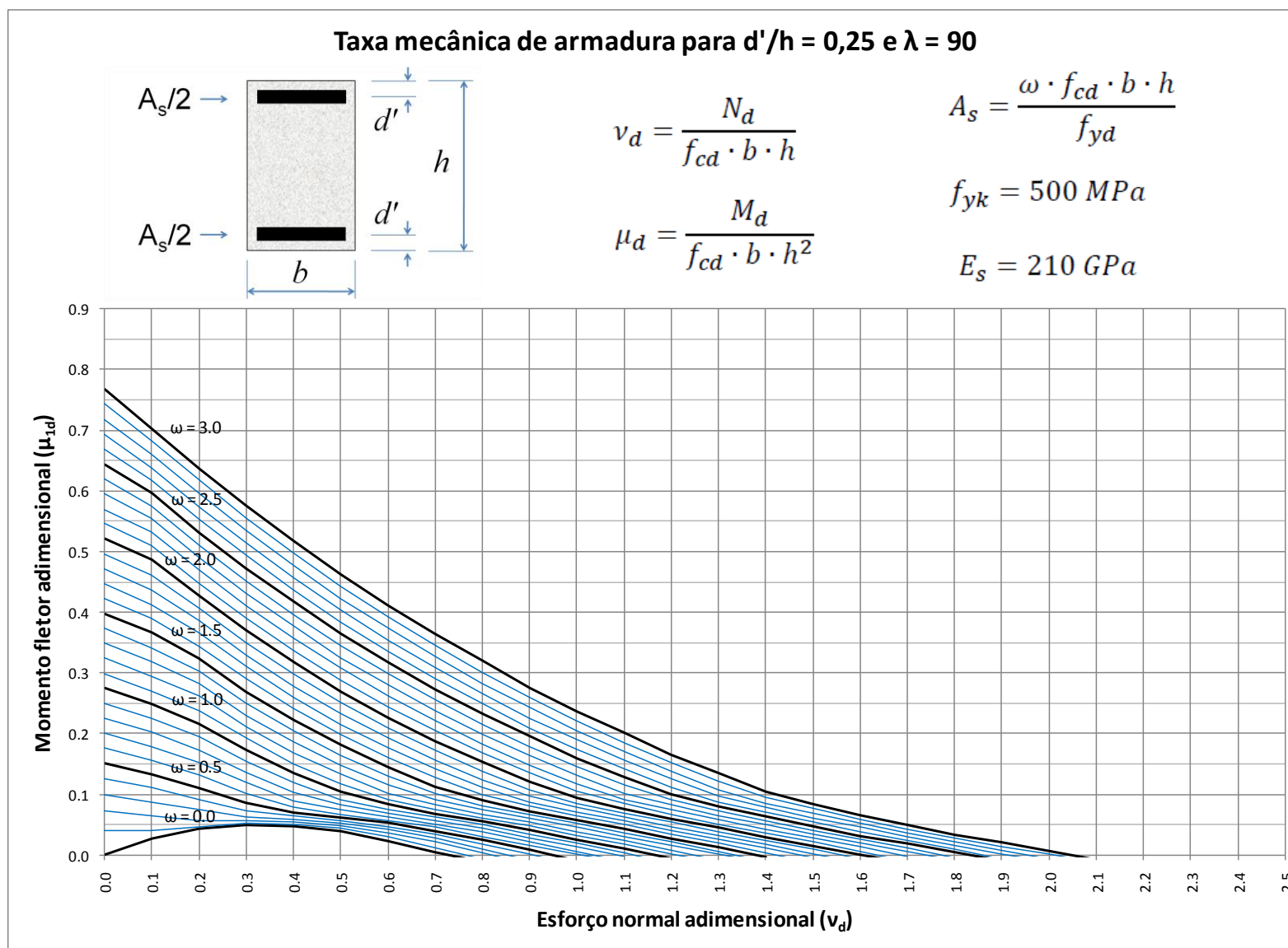
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

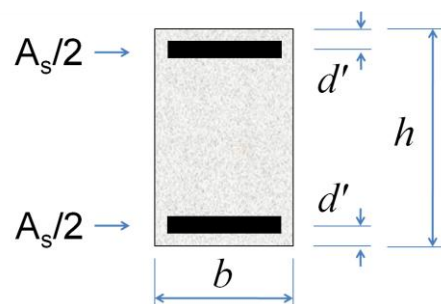
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$									
$v = 0.0$	0.000	0.000	0.073	0.100	0.125	0.151	0.176	0.201	0.225	0.250	0.275	0.299	0.324	0.349	0.373	0.398	0.423	0.447	0.472	0.496	0.521	0.546	0.570	0.595	0.620	0.644	0.669	0.694	0.718	0.743	0.768									
$v = 0.1$	0.028	0.041	0.065	0.088	0.111	0.133	0.156	0.179	0.202	0.225	0.248	0.271	0.295	0.318	0.342	0.366	0.390	0.413	0.437	0.461	0.486	0.510	0.533	0.554	0.576	0.597	0.618	0.639	0.660	0.682	0.703	0.726								
$v = 0.2$	0.043	0.047	0.056	0.074	0.092	0.111	0.132	0.152	0.173	0.195	0.216	0.238	0.261	0.282	0.302	0.323	0.344	0.365	0.386	0.407	0.428	0.448	0.469	0.490	0.511	0.532	0.553	0.574	0.595	0.617	0.637	0.657								
$v = 0.3$	0.049	0.052	0.056	0.062	0.072	0.086	0.102	0.119	0.136	0.154	0.173	0.192	0.211	0.230	0.250	0.270	0.290	0.310	0.330	0.350	0.370	0.390	0.411	0.431	0.452	0.472	0.493	0.514	0.534	0.555	0.576	0.596								
$v = 0.4$	0.047	0.051	0.054	0.059	0.064	0.070	0.079	0.090	0.104	0.119	0.135	0.151	0.169	0.186	0.204	0.222	0.241	0.260	0.279	0.298	0.318	0.337	0.357	0.377	0.396	0.417	0.437	0.457	0.477	0.497	0.517	0.536								
$v = 0.5$	0.039	0.044	0.048	0.053	0.057	0.062	0.067	0.074	0.082	0.091	0.104	0.118	0.133	0.148	0.164	0.181	0.198	0.216	0.234	0.252	0.270	0.289	0.308	0.326	0.346	0.365	0.384	0.404	0.423	0.443	0.463	0.481								
$v = 0.6$	0.022	0.031	0.037	0.042	0.047	0.053	0.057	0.063	0.068	0.075	0.083	0.091	0.102	0.116	0.130	0.145	0.161	0.177	0.193	0.210	0.227	0.244	0.262	0.280	0.298	0.317	0.336	0.354	0.373	0.392	0.411	0.429								
$v = 0.7$	0.005	0.012	0.021	0.028	0.034	0.040	0.046	0.051	0.057	0.062	0.068	0.075	0.082	0.091	0.101	0.113	0.127	0.142	0.157	0.172	0.188	0.205	0.221	0.238	0.255	0.273	0.290	0.309	0.327	0.345	0.364	0.381								
$v = 0.8$			0.003	0.010	0.018	0.025	0.031	0.038	0.044	0.050	0.055	0.061	0.067	0.074	0.081	0.090	0.099	0.111	0.124	0.138	0.153	0.168	0.183	0.199	0.215	0.232	0.249	0.266	0.283	0.301	0.319	0.336								
$v = 0.9$					0.001	0.008	0.015	0.022	0.029	0.035	0.041	0.048	0.054	0.060	0.066	0.072	0.080	0.088	0.097	0.108	0.121	0.135	0.149	0.164	0.179	0.195	0.210	0.226	0.243	0.260	0.276	0.292	0.308							
$v = 1.0$							0.001	0.006	0.013	0.020	0.026	0.033	0.039	0.046	0.052	0.058	0.064	0.071	0.078	0.086	0.095	0.106	0.118	0.132	0.146	0.160	0.175	0.190	0.206	0.221	0.237	0.252	0.267							
$v = 1.1$										0.003	0.010	0.017	0.024	0.030	0.037	0.043	0.050	0.056	0.062	0.069	0.076	0.084	0.092	0.102	0.115	0.128	0.142	0.156	0.171	0.185	0.201	0.215	0.229							
$v = 1.2$												0.002	0.008	0.015	0.022	0.028	0.034	0.041	0.047	0.054	0.060	0.067	0.074	0.082	0.091	0.100	0.112	0.125	0.138	0.152	0.166	0.179	0.192							
$v = 1.3$														0.001	0.006	0.012	0.020	0.026	0.033	0.038	0.045	0.051	0.059	0.065	0.072	0.080	0.088	0.098	0.108	0.122	0.135	0.147	0.160							
$v = 1.4$																	0.004	0.011	0.017	0.024	0.030	0.036	0.043	0.050	0.056	0.063	0.070	0.078	0.085	0.095	0.105	0.115	0.125							
$v = 1.5$																				0.002	0.009	0.015	0.022	0.028	0.035	0.041	0.047	0.054	0.061	0.068	0.076	0.083	0.090							
$v = 1.6$																					0.001	0.006	0.013	0.019	0.026	0.032	0.038	0.046	0.052	0.058	0.066	0.072	0.078							
$v = 1.7$																									0.005	0.011	0.018	0.024	0.031	0.037	0.043	0.050	0.055	0.061						
$v = 1.8$																											0.004	0.009	0.015	0.022	0.028	0.034	0.040	0.045	0.050					
$v = 1.9$																													0.002	0.008	0.014	0.020	0.025	0.030	0.035					
$v = 2.0$																															0.001	0.006	0.011	0.016	0.020					
$v = 2.1$																																	0.001	0.005	0.009	0.013				
$v = 2.2$																																		0.001	0.004	0.008	0.012			
$v = 2.3$																																			0.001	0.003	0.007	0.011		
$v = 2.4$																																				0.001	0.002	0.006	0.010	
$v = 2.5$																																					0.001	0.001	0.005	0.009



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,30$ e $\lambda = 0$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

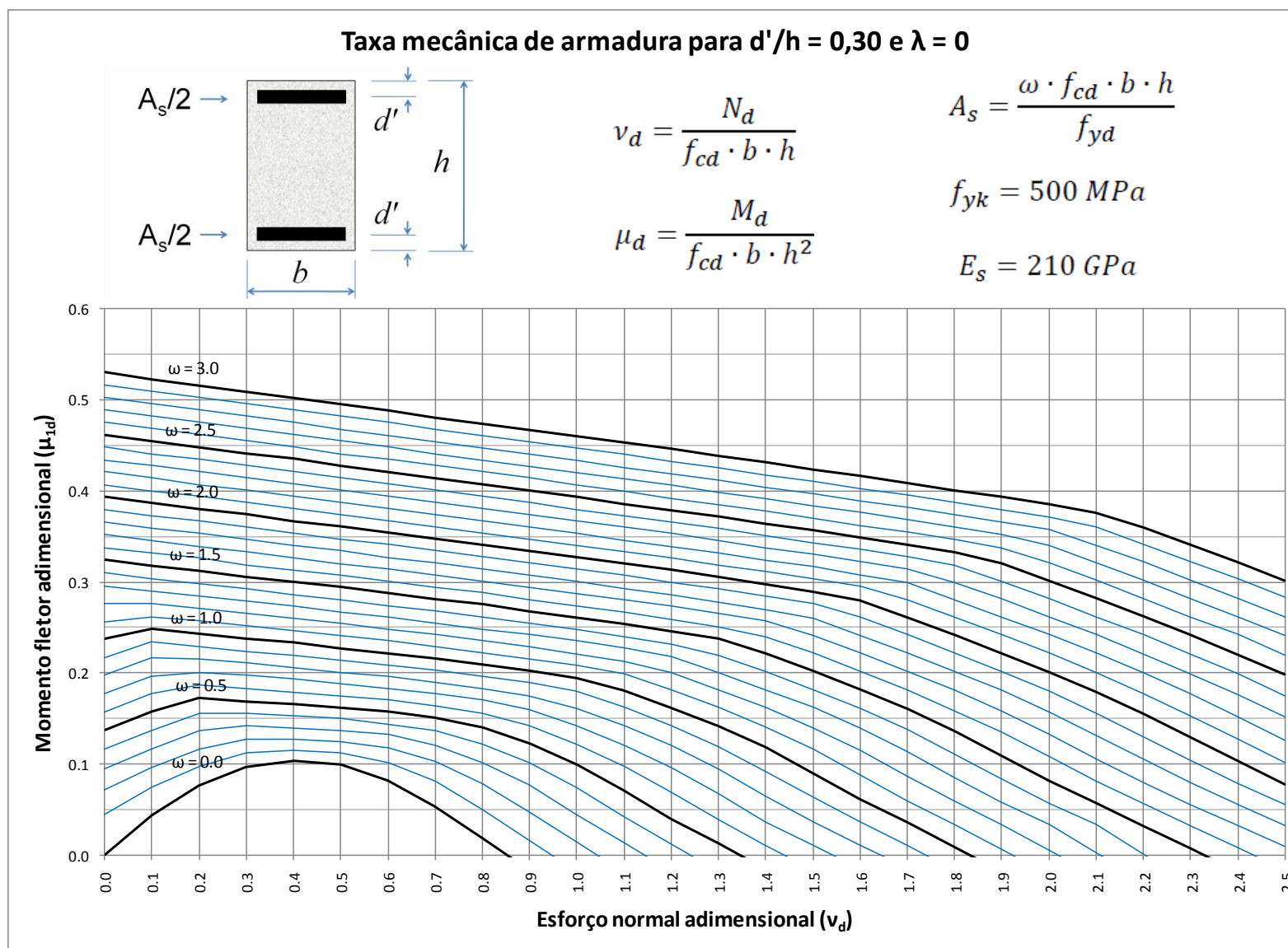
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

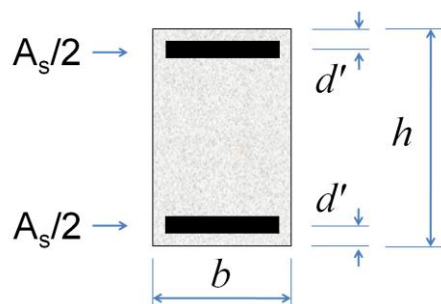
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\nu = 0.0$	0.000	0.044	0.072	0.095	0.116	0.137	0.157	0.177	0.197	0.217	0.237	0.256	0.276	0.295	0.310	0.324	0.338	0.352	0.366	0.379	0.393	0.407	0.421	0.434	0.448	0.462	0.475	0.489	0.503	0.516	0.530
$\nu = 0.1$	0.044	0.074	0.096	0.117	0.137	0.157	0.177	0.196	0.216	0.234	0.248	0.262	0.276	0.290	0.304	0.318	0.332	0.345	0.359	0.373	0.387	0.400	0.414	0.428	0.441	0.455	0.469	0.482	0.496	0.510	0.523
$\nu = 0.2$	0.076	0.097	0.117	0.137	0.156	0.172	0.187	0.201	0.215	0.229	0.243	0.257	0.271	0.284	0.298	0.312	0.326	0.339	0.353	0.367	0.380	0.394	0.407	0.421	0.435	0.448	0.462	0.475	0.489	0.503	0.516
$\nu = 0.3$	0.096	0.112	0.127	0.142	0.156	0.169	0.183	0.197	0.211	0.224	0.238	0.252	0.265	0.279	0.292	0.306	0.319	0.333	0.347	0.360	0.374	0.387	0.401	0.414	0.428	0.441	0.455	0.469	0.482	0.496	0.509
$\nu = 0.4$	0.103	0.115	0.127	0.140	0.153	0.166	0.179	0.193	0.206	0.219	0.233	0.246	0.260	0.273	0.286	0.300	0.313	0.327	0.340	0.354	0.367	0.381	0.394	0.408	0.421	0.435	0.448	0.462	0.475	0.489	0.502
$\nu = 0.5$	0.099	0.112	0.125	0.137	0.150	0.162	0.175	0.188	0.201	0.214	0.227	0.241	0.254	0.267	0.280	0.294	0.307	0.320	0.334	0.347	0.361	0.374	0.388	0.401	0.414	0.428	0.441	0.455	0.468	0.482	0.495
$\nu = 0.6$	0.082	0.102	0.118	0.132	0.144	0.157	0.170	0.183	0.196	0.209	0.222	0.235	0.248	0.261	0.274	0.288	0.301	0.314	0.327	0.341	0.354	0.367	0.381	0.394	0.408	0.421	0.435	0.448	0.461	0.475	0.488
$\nu = 0.7$	0.053	0.081	0.103	0.121	0.137	0.151	0.164	0.177	0.190	0.203	0.216	0.229	0.242	0.255	0.268	0.281	0.294	0.308	0.321	0.334	0.347	0.361	0.374	0.387	0.401	0.414	0.428	0.441	0.454	0.468	0.481
$\nu = 0.8$	0.018	0.050	0.079	0.102	0.122	0.140	0.156	0.170	0.183	0.196	0.209	0.222	0.235	0.248	0.262	0.275	0.288	0.301	0.314	0.328	0.341	0.354	0.367	0.381	0.394	0.407	0.421	0.434	0.447	0.461	0.474
$\nu = 0.9$		0.016	0.047	0.077	0.101	0.122	0.142	0.160	0.175	0.189	0.202	0.215	0.229	0.242	0.255	0.268	0.281	0.294	0.308	0.321	0.334	0.347	0.360	0.374	0.387	0.400	0.414	0.427	0.440	0.454	0.467
$\nu = 1.0$			0.014	0.044	0.074	0.100	0.122	0.142	0.161	0.180	0.194	0.208	0.221	0.235	0.248	0.261	0.274	0.287	0.301	0.314	0.327	0.340	0.354	0.367	0.380	0.393	0.407	0.420	0.433	0.447	0.460
$\nu = 1.1$				0.013	0.042	0.071	0.098	0.121	0.142	0.162	0.181	0.199	0.213	0.227	0.240	0.254	0.267	0.280	0.293	0.307	0.320	0.333	0.346	0.360	0.373	0.386	0.400	0.413	0.426	0.440	0.453
$\nu = 1.2$					0.012	0.040	0.069	0.096	0.120	0.142	0.162	0.182	0.201	0.218	0.232	0.246	0.259	0.273	0.286	0.299	0.313	0.326	0.339	0.353	0.366	0.379	0.392	0.406	0.419	0.432	0.446
$\nu = 1.3$						0.012	0.039	0.067	0.094	0.119	0.142	0.162	0.182	0.201	0.220	0.238	0.251	0.265	0.278	0.292	0.305	0.319	0.332	0.345	0.359	0.372	0.385	0.398	0.412	0.425	0.438
$\nu = 1.4$							0.011	0.037	0.065	0.092	0.118	0.141	0.162	0.182	0.202	0.221	0.240	0.257	0.270	0.284	0.297	0.311	0.324	0.338	0.351	0.364	0.378	0.391	0.404	0.418	0.431
$\nu = 1.5$								0.011	0.036	0.063	0.090	0.116	0.140	0.162	0.182	0.202	0.222	0.241	0.260	0.276	0.289	0.303	0.317	0.330	0.343	0.357	0.370	0.384	0.397	0.410	0.424
$\nu = 1.6$									0.011	0.036	0.062	0.088	0.115	0.139	0.161	0.182	0.202	0.222	0.241	0.261	0.280	0.295	0.308	0.322	0.336	0.349	0.362	0.376	0.389	0.403	0.416
$\nu = 1.7$										0.010	0.035	0.060	0.086	0.113	0.138	0.160	0.182	0.202	0.222	0.242	0.261	0.280	0.299	0.314	0.328	0.341	0.355	0.368	0.382	0.395	0.408
$\nu = 1.8$											0.008	0.034	0.059	0.085	0.111	0.136	0.159	0.181	0.202	0.222	0.242	0.262	0.281	0.300	0.319	0.333	0.347	0.360	0.374	0.387	0.401
$\nu = 1.9$												0.006	0.034	0.058	0.084	0.109	0.135	0.158	0.181	0.202	0.222	0.242	0.262	0.282	0.301	0.320	0.338	0.352	0.366	0.379	0.393
$\nu = 2.0$													0.005	0.033	0.057	0.082	0.108	0.133	0.157	0.180	0.201	0.222	0.242	0.262	0.282	0.301	0.321	0.340	0.357	0.371	0.385
$\nu = 2.1$														0.003	0.033	0.057	0.081	0.106	0.131	0.156	0.179	0.201	0.222	0.242	0.262	0.282	0.302	0.321	0.340	0.360	0.376
$\nu = 2.2$															0.001	0.032	0.056	0.080	0.105	0.130	0.155	0.178	0.200	0.221	0.242	0.262	0.282	0.302	0.322	0.341	0.360
$\nu = 2.3$																	0.032	0.055	0.080	0.104	0.129	0.153	0.177	0.199	0.221	0.242	0.262	0.282	0.302	0.322	0.341
$\nu = 2.4$																		0.032	0.055	0.079	0.103	0.127	0.152	0.176	0.199	0.220	0.242	0.262	0.282	0.303	0.322
$\nu = 2.5$																			0.032	0.055	0.078	0.102	0.126	0.151	0.175	0.198	0.220	0.241	0.262	0.283	0.302



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,30$ e $\lambda = 30$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

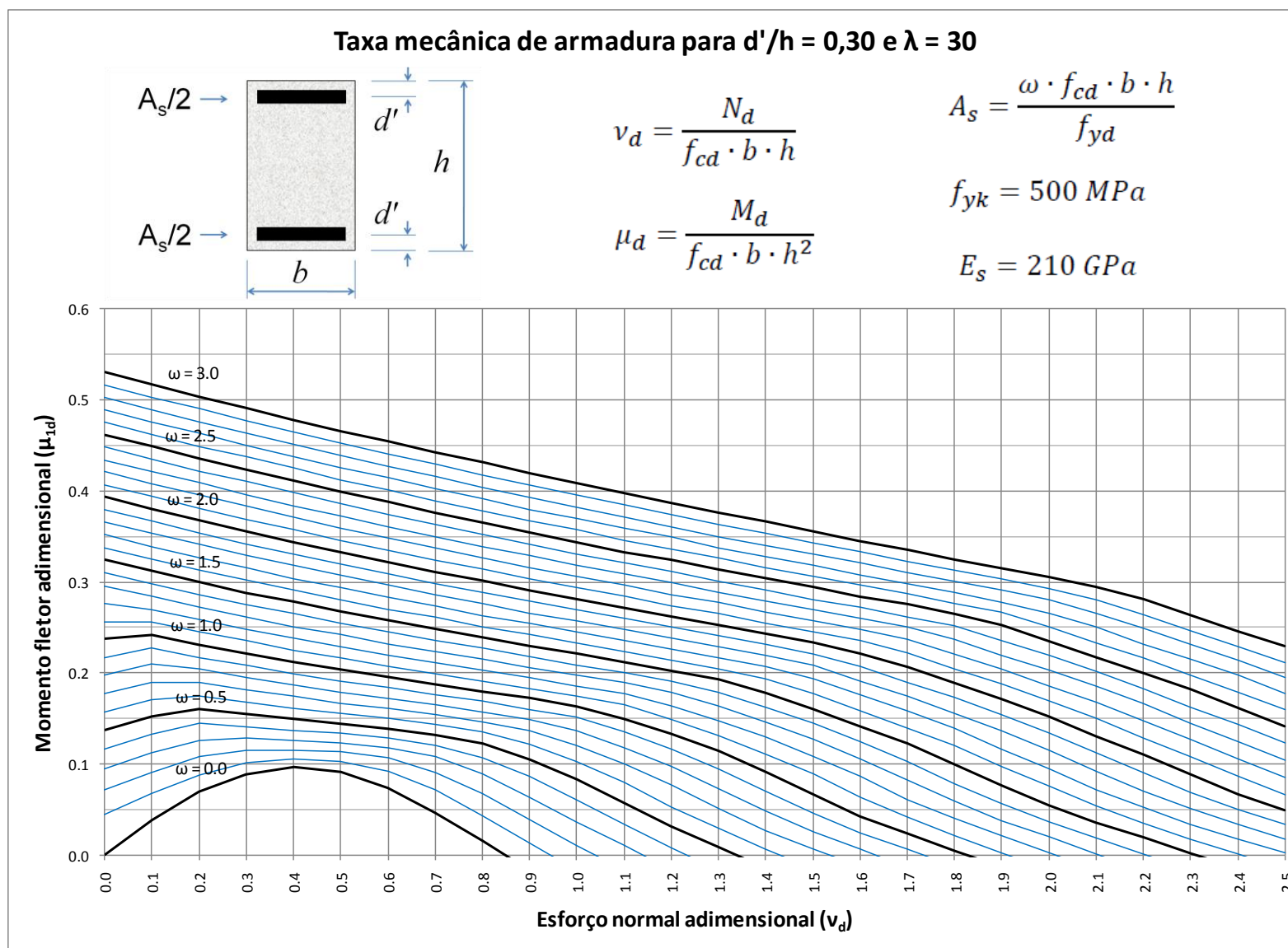
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

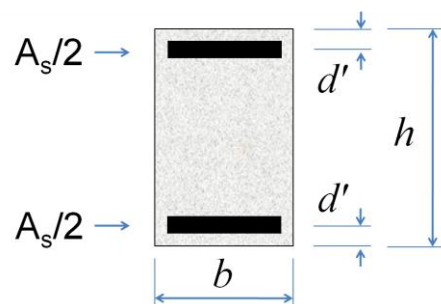
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\nu = 0.0$	0.000	0.044	0.072	0.095	0.116	0.137	0.157	0.177	0.197	0.217	0.237	0.256	0.276	0.295	0.310	0.324	0.338	0.352	0.366	0.379	0.393	0.407	0.421	0.434	0.448	0.462	0.475	0.489	0.503	0.516	0.530
$\nu = 0.1$	0.039	0.068	0.091	0.112	0.132	0.152	0.171	0.190	0.210	0.228	0.242	0.256	0.270	0.284	0.298	0.312	0.325	0.339	0.353	0.367	0.380	0.394	0.408	0.421	0.435	0.449	0.462	0.476	0.489	0.503	0.517
$\nu = 0.2$	0.069	0.088	0.108	0.126	0.145	0.161	0.175	0.189	0.204	0.217	0.231	0.245	0.259	0.272	0.286	0.300	0.313	0.327	0.341	0.354	0.368	0.381	0.395	0.409	0.422	0.436	0.449	0.463	0.476	0.490	0.504
$\nu = 0.3$	0.088	0.101	0.115	0.128	0.141	0.155	0.168	0.181	0.195	0.208	0.221	0.235	0.248	0.262	0.275	0.288	0.302	0.315	0.329	0.342	0.356	0.369	0.383	0.396	0.410	0.423	0.437	0.450	0.464	0.477	0.491
$\nu = 0.4$	0.096	0.105	0.115	0.126	0.137	0.149	0.161	0.174	0.187	0.199	0.212	0.225	0.238	0.251	0.265	0.278	0.291	0.304	0.318	0.331	0.344	0.357	0.371	0.384	0.398	0.411	0.425	0.438	0.451	0.465	0.478
$\nu = 0.5$	0.091	0.103	0.113	0.123	0.134	0.144	0.156	0.167	0.179	0.191	0.204	0.216	0.229	0.242	0.255	0.268	0.281	0.294	0.307	0.320	0.333	0.346	0.359	0.373	0.386	0.399	0.412	0.426	0.439	0.453	0.466
$\nu = 0.6$	0.074	0.092	0.107	0.118	0.129	0.139	0.150	0.161	0.172	0.184	0.195	0.207	0.220	0.232	0.245	0.258	0.270	0.283	0.296	0.309	0.322	0.335	0.348	0.361	0.374	0.388	0.401	0.414	0.427	0.441	0.454
$\nu = 0.7$	0.047	0.072	0.091	0.108	0.121	0.132	0.143	0.154	0.165	0.176	0.188	0.199	0.211	0.223	0.236	0.248	0.261	0.273	0.286	0.298	0.311	0.324	0.337	0.350	0.363	0.376	0.389	0.402	0.416	0.429	0.442
$\nu = 0.8$	0.015	0.043	0.068	0.089	0.107	0.122	0.135	0.146	0.157	0.169	0.180	0.191	0.203	0.215	0.227	0.239	0.251	0.263	0.276	0.289	0.301	0.314	0.327	0.339	0.352	0.365	0.378	0.391	0.404	0.417	0.431
$\nu = 0.9$		0.013	0.039	0.064	0.086	0.105	0.122	0.136	0.149	0.160	0.172	0.183	0.195	0.206	0.218	0.230	0.242	0.254	0.266	0.279	0.291	0.303	0.316	0.329	0.342	0.354	0.367	0.380	0.393	0.406	0.419
$\nu = 1.0$			0.011	0.036	0.061	0.083	0.103	0.120	0.136	0.151	0.163	0.175	0.186	0.198	0.209	0.221	0.233	0.245	0.257	0.269	0.281	0.294	0.306	0.319	0.331	0.344	0.357	0.370	0.382	0.395	0.408
$\nu = 1.1$				0.010	0.033	0.057	0.080	0.100	0.118	0.135	0.150	0.165	0.177	0.189	0.200	0.212	0.223	0.236	0.248	0.260	0.272	0.284	0.296	0.309	0.321	0.333	0.346	0.359	0.371	0.385	0.397
$\nu = 1.2$					0.008	0.031	0.053	0.077	0.097	0.116	0.133	0.149	0.164	0.179	0.191	0.203	0.214	0.226	0.238	0.250	0.262	0.274	0.286	0.299	0.311	0.324	0.336	0.349	0.361	0.374	0.387
$\nu = 1.3$						0.008	0.029	0.051	0.073	0.094	0.114	0.131	0.148	0.164	0.179	0.193	0.205	0.217	0.229	0.241	0.252	0.265	0.277	0.289	0.301	0.313	0.326	0.338	0.350	0.363	0.376
$\nu = 1.4$							0.007	0.027	0.048	0.070	0.091	0.111	0.130	0.146	0.162	0.178	0.193	0.207	0.219	0.231	0.243	0.255	0.267	0.279	0.291	0.304	0.316	0.328	0.340	0.353	0.366
$\nu = 1.5$								0.007	0.026	0.046	0.067	0.089	0.108	0.127	0.145	0.161	0.177	0.193	0.208	0.221	0.233	0.245	0.257	0.269	0.281	0.294	0.306	0.318	0.331	0.343	0.356
$\nu = 1.6$									0.006	0.024	0.043	0.064	0.086	0.106	0.125	0.142	0.159	0.176	0.191	0.207	0.222	0.236	0.248	0.260	0.272	0.284	0.296	0.308	0.321	0.333	0.345
$\nu = 1.7$										0.006	0.023	0.042	0.061	0.082	0.103	0.122	0.140	0.158	0.174	0.190	0.207	0.222	0.237	0.250	0.262	0.275	0.287	0.298	0.310	0.323	0.335
$\nu = 1.8$											0.005	0.022	0.040	0.059	0.079	0.100	0.120	0.139	0.156	0.173	0.189	0.205	0.221	0.237	0.252	0.265	0.276	0.289	0.301	0.313	0.325
$\nu = 1.9$												0.003	0.021	0.038	0.057	0.077	0.098	0.117	0.136	0.154	0.171	0.188	0.204	0.220	0.236	0.252	0.267	0.278	0.291	0.303	0.315
$\nu = 2.0$													0.002	0.020	0.037	0.055	0.075	0.095	0.115	0.134	0.152	0.169	0.186	0.203	0.219	0.235	0.250	0.266	0.281	0.293	0.305
$\nu = 2.1$														0.001	0.019	0.036	0.054	0.072	0.092	0.112	0.131	0.150	0.168	0.185	0.202	0.217	0.233	0.250	0.266	0.281	0.295
$\nu = 2.2$																0.019	0.035	0.053	0.070	0.090	0.110	0.129	0.147	0.166	0.183	0.200	0.216	0.232	0.249	0.264	0.281
$\nu = 2.3$																	0.018	0.033	0.051	0.069	0.089	0.108	0.127	0.145	0.163	0.182	0.198	0.215	0.231	0.247	0.263
$\nu = 2.4$																		0.018	0.034	0.050	0.067	0.086	0.106	0.125	0.143	0.162	0.179	0.197	0.214	0.229	0.246
$\nu = 2.5$																			0.018	0.033	0.049	0.066	0.085	0.104	0.123	0.141	0.160	0.178	0.195	0.211	0.229



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,30$ e $\lambda = 60$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

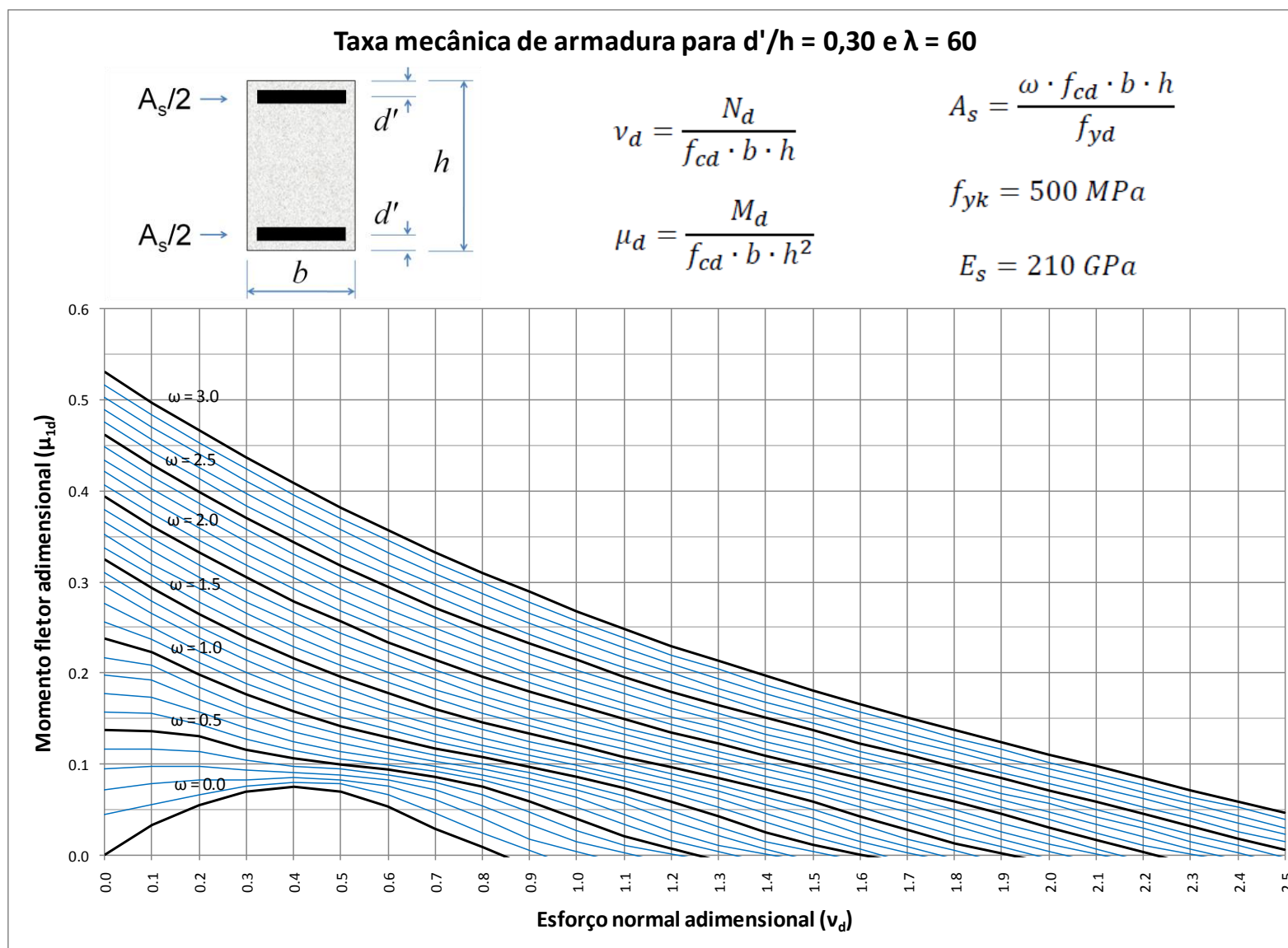
$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

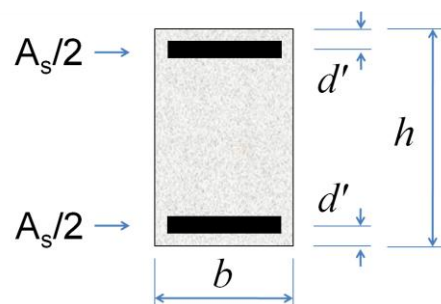
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\nu = 0.0$	0.000	0.044	0.072	0.095	0.116	0.137	0.157	0.177	0.197	0.217	0.237	0.256	0.276	0.295	0.310	0.324	0.338	0.352	0.366	0.379	0.393	0.407	0.421	0.434	0.448	0.462	0.475	0.489	0.503	0.516	0.530
$\nu = 0.1$	0.033	0.055	0.078	0.098	0.117	0.136	0.155	0.173	0.192	0.209	0.223	0.237	0.251	0.265	0.279	0.293	0.307	0.320	0.334	0.348	0.361	0.375	0.389	0.402	0.416	0.429	0.443	0.457	0.470	0.484	0.497
$\nu = 0.2$	0.055	0.066	0.082	0.098	0.114	0.130	0.143	0.157	0.171	0.184	0.198	0.211	0.224	0.238	0.251	0.265	0.278	0.292	0.305	0.318	0.332	0.345	0.359	0.372	0.386	0.399	0.413	0.426	0.440	0.453	0.467
$\nu = 0.3$	0.070	0.075	0.083	0.093	0.104	0.115	0.127	0.139	0.151	0.163	0.176	0.188	0.201	0.214	0.226	0.239	0.252	0.265	0.278	0.291	0.305	0.318	0.331	0.344	0.357	0.371	0.384	0.397	0.410	0.424	0.437
$\nu = 0.4$	0.075	0.080	0.085	0.091	0.098	0.106	0.115	0.125	0.135	0.146	0.157	0.169	0.180	0.192	0.204	0.216	0.229	0.241	0.254	0.267	0.279	0.292	0.305	0.318	0.331	0.344	0.357	0.370	0.383	0.396	0.409
$\nu = 0.5$	0.070	0.078	0.083	0.088	0.094	0.099	0.106	0.114	0.123	0.132	0.142	0.152	0.162	0.173	0.185	0.196	0.208	0.219	0.231	0.244	0.256	0.268	0.281	0.293	0.306	0.318	0.331	0.344	0.357	0.370	0.382
$\nu = 0.6$	0.053	0.066	0.076	0.083	0.088	0.094	0.099	0.105	0.112	0.120	0.129	0.138	0.147	0.157	0.167	0.178	0.189	0.200	0.211	0.223	0.234	0.246	0.258	0.270	0.283	0.295	0.307	0.319	0.332	0.345	0.357
$\nu = 0.7$	0.029	0.046	0.061	0.072	0.080	0.086	0.092	0.097	0.103	0.110	0.117	0.125	0.133	0.142	0.152	0.161	0.172	0.182	0.193	0.203	0.214	0.226	0.237	0.249	0.261	0.272	0.284	0.296	0.309	0.321	0.333
$\nu = 0.8$	0.008	0.024	0.040	0.054	0.066	0.075	0.082	0.088	0.094	0.100	0.107	0.114	0.121	0.129	0.138	0.146	0.156	0.166	0.175	0.186	0.196	0.207	0.218	0.229	0.240	0.251	0.263	0.275	0.287	0.299	0.310
$\nu = 0.9$		0.005	0.018	0.033	0.047	0.059	0.069	0.077	0.084	0.090	0.097	0.103	0.110	0.117	0.125	0.133	0.142	0.150	0.160	0.169	0.179	0.190	0.199	0.210	0.221	0.232	0.243	0.254	0.266	0.277	0.289
$\nu = 1.0$			0.004	0.014	0.027	0.040	0.052	0.063	0.072	0.079	0.086	0.093	0.099	0.106	0.113	0.121	0.129	0.137	0.146	0.155	0.164	0.173	0.183	0.193	0.203	0.214	0.224	0.235	0.246	0.257	0.268
$\nu = 1.1$				0.002	0.010	0.021	0.033	0.045	0.056	0.065	0.074	0.081	0.087	0.094	0.101	0.108	0.116	0.124	0.132	0.140	0.149	0.158	0.167	0.177	0.187	0.196	0.206	0.217	0.227	0.238	0.249
$\nu = 1.2$					0.001	0.007	0.016	0.026	0.038	0.049	0.059	0.068	0.076	0.082	0.089	0.097	0.104	0.111	0.119	0.127	0.135	0.143	0.152	0.161	0.170	0.180	0.190	0.200	0.210	0.220	0.230
$\nu = 1.3$						0.004	0.011	0.021	0.031	0.042	0.053	0.062	0.070	0.077	0.085	0.092	0.099	0.107	0.114	0.122	0.130	0.139	0.147	0.156	0.165	0.174	0.183	0.193	0.204	0.213	
$\nu = 1.4$							0.015	0.025	0.036	0.046	0.055	0.064	0.072	0.079	0.087	0.094	0.102	0.109	0.117	0.125	0.133	0.141	0.151	0.159	0.168	0.178	0.187	0.197			
$\nu = 1.5$								0.004	0.011	0.020	0.029	0.040	0.050	0.059	0.067	0.074	0.082	0.089	0.097	0.104	0.112	0.120	0.128	0.137	0.145	0.154	0.163	0.172	0.181		
$\nu = 1.6$									0.001	0.006	0.014	0.023	0.034	0.043	0.053	0.061	0.069	0.076	0.084	0.091	0.099	0.107	0.114	0.123	0.131	0.139	0.148	0.157	0.166		
$\nu = 1.7$												0.003	0.009	0.018	0.027	0.037	0.047	0.055	0.064	0.071	0.079	0.087	0.094	0.102	0.110	0.117	0.126	0.134	0.143	0.151	
$\nu = 1.8$														0.005	0.013	0.022	0.032	0.041	0.050	0.059	0.066	0.074	0.081	0.089	0.096	0.104	0.113	0.121	0.129	0.138	
$\nu = 1.9$															0.002	0.009	0.017	0.026	0.035	0.045	0.052	0.061	0.068	0.076	0.084	0.091	0.100	0.107	0.116	0.124	
$\nu = 2.0$																	0.004	0.012	0.021	0.030	0.039	0.047	0.056	0.063	0.071	0.079	0.087	0.094	0.102	0.110	
$\nu = 2.1$																		0.001	0.007	0.016	0.024	0.034	0.042	0.050	0.059	0.066	0.074	0.082	0.089	0.098	
$\nu = 2.2$																				0.003	0.011	0.020	0.029	0.037	0.045	0.053	0.062	0.069	0.077	0.085	
$\nu = 2.3$																					0.001	0.007	0.015	0.023	0.032	0.040	0.048	0.056	0.064	0.071	
$\nu = 2.4$																						0.002	0.010	0.018	0.026	0.035	0.043	0.052	0.059		
$\nu = 2.5$																								0.006	0.014	0.023	0.030	0.039	0.046		



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,30$ e $\lambda = 90$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

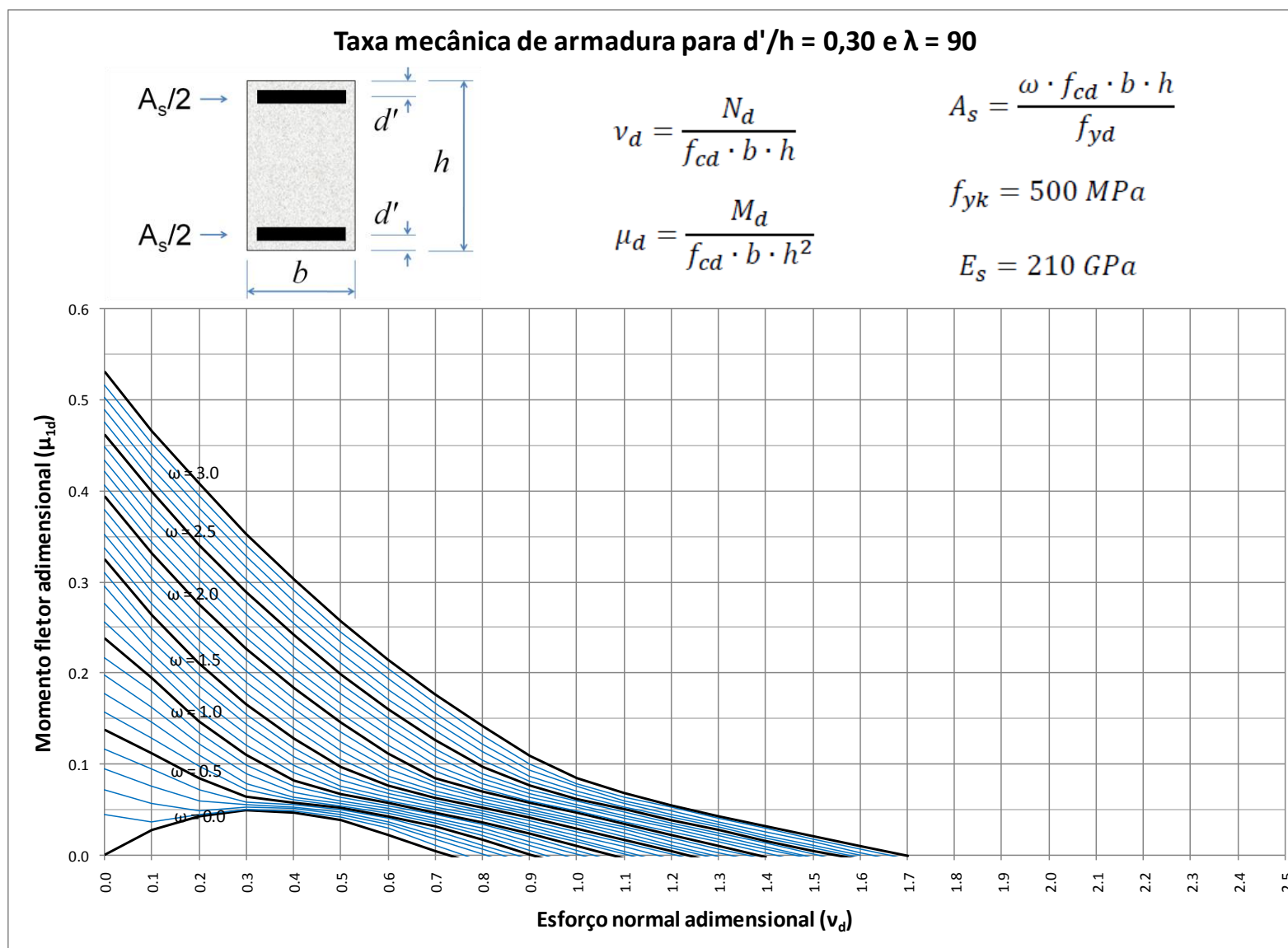
$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yk}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

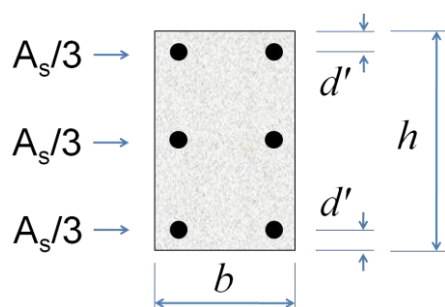
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$	
$\mathbf{v} = 0.0$	0.000	0.044	0.072	0.095	0.116	0.137	0.157	0.177	0.197	0.217	0.237	0.256	0.276	0.295	0.310	0.324	0.338	0.352	0.366	0.379	0.393	0.407	0.421	0.434	0.448	0.462	0.475	0.489	0.503	0.516	0.530	
$\mathbf{v} = 0.1$	0.028	0.037	0.057	0.076	0.094	0.112	0.129	0.146	0.163	0.180	0.194	0.208	0.222	0.235	0.249	0.263	0.276	0.290	0.304	0.317	0.331	0.344	0.358	0.371	0.385	0.399	0.412	0.426	0.439	0.453	0.466	
$\mathbf{v} = 0.2$	0.043	0.045	0.049	0.059	0.071	0.084	0.097	0.109	0.122	0.134	0.147	0.159	0.172	0.185	0.198	0.211	0.224	0.236	0.249	0.262	0.276	0.289	0.302	0.315	0.328	0.341	0.354	0.368	0.381	0.394	0.408	
$\mathbf{v} = 0.3$	0.049	0.050	0.052	0.055	0.058	0.064	0.071	0.079	0.089	0.099	0.110	0.120	0.132	0.143	0.154	0.166	0.178	0.190	0.202	0.214	0.227	0.239	0.251	0.264	0.277	0.289	0.302	0.315	0.328	0.340	0.353	
$\mathbf{v} = 0.4$	0.047	0.049	0.051	0.053	0.055	0.057	0.061	0.064	0.069	0.075	0.082	0.090	0.099	0.108	0.118	0.128	0.139	0.150	0.161	0.172	0.183	0.195	0.206	0.218	0.230	0.242	0.254	0.266	0.279	0.291	0.303	
$\mathbf{v} = 0.5$	0.039	0.042	0.045	0.047	0.050	0.052	0.054	0.057	0.060	0.063	0.067	0.071	0.076	0.082	0.089	0.097	0.106	0.115	0.125	0.135	0.145	0.155	0.166	0.177	0.188	0.199	0.211	0.222	0.234	0.245	0.257	
$\mathbf{v} = 0.6$	0.022	0.029	0.033	0.037	0.040	0.043	0.046	0.049	0.051	0.054	0.057	0.060	0.063	0.067	0.071	0.076	0.081	0.087	0.094	0.103	0.112	0.121	0.131	0.141	0.150	0.161	0.171	0.182	0.193	0.204	0.215	
$\mathbf{v} = 0.7$	0.005	0.011	0.017	0.022	0.027	0.031	0.035	0.038	0.041	0.044	0.047	0.050	0.053	0.056	0.059	0.063	0.066	0.070	0.075	0.080	0.085	0.092	0.099	0.108	0.117	0.126	0.136	0.146	0.156	0.166	0.176	
$\mathbf{v} = 0.8$			0.001	0.006	0.011	0.016	0.021	0.025	0.029	0.033	0.036	0.040	0.043	0.046	0.049	0.052	0.055	0.058	0.062	0.065	0.069	0.073	0.078	0.084	0.089	0.096	0.104	0.113	0.122	0.131	0.141	
$\mathbf{v} = 0.9$					0.001	0.005	0.010	0.015	0.020	0.024	0.027	0.031	0.034	0.038	0.041	0.044	0.047	0.050	0.054	0.057	0.060	0.063	0.068	0.072	0.076	0.081	0.087	0.093	0.100	0.109	0.119	
$\mathbf{v} = 1.0$									0.001	0.005	0.010	0.014	0.018	0.022	0.026	0.029	0.033	0.036	0.039	0.042	0.046	0.049	0.052	0.055	0.059	0.062	0.066	0.070	0.075	0.079	0.085	
$\mathbf{v} = 1.1$												0.001	0.004	0.009	0.013	0.017	0.020	0.024	0.028	0.031	0.034	0.037	0.040	0.043	0.047	0.050	0.053	0.057	0.060	0.064	0.068	
$\mathbf{v} = 1.2$															0.001	0.004	0.008	0.011	0.015	0.019	0.022	0.026	0.029	0.032	0.035	0.038	0.042	0.045	0.048	0.052	0.055	
$\mathbf{v} = 1.3$																			0.003	0.007	0.010	0.014	0.017	0.021	0.024	0.027	0.031	0.034	0.037	0.040	0.043	
$\mathbf{v} = 1.4$																						0.002	0.006	0.009	0.013	0.015	0.019	0.022	0.025	0.029	0.032	
$\mathbf{v} = 1.5$																									0.001	0.005	0.008	0.011	0.014	0.017	0.021	0.024
$\mathbf{v} = 1.6$																													0.003	0.006	0.010	
$\mathbf{v} = 1.7$																																
$\mathbf{v} = 1.8$																																
$\mathbf{v} = 1.9$																																
$\mathbf{v} = 2.0$																																
$\mathbf{v} = 2.1$																																
$\mathbf{v} = 2.2$																																
$\mathbf{v} = 2.3$																																
$\mathbf{v} = 2.4$																																
$\mathbf{v} = 2.5$																																



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,05$ e $\lambda = 0$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

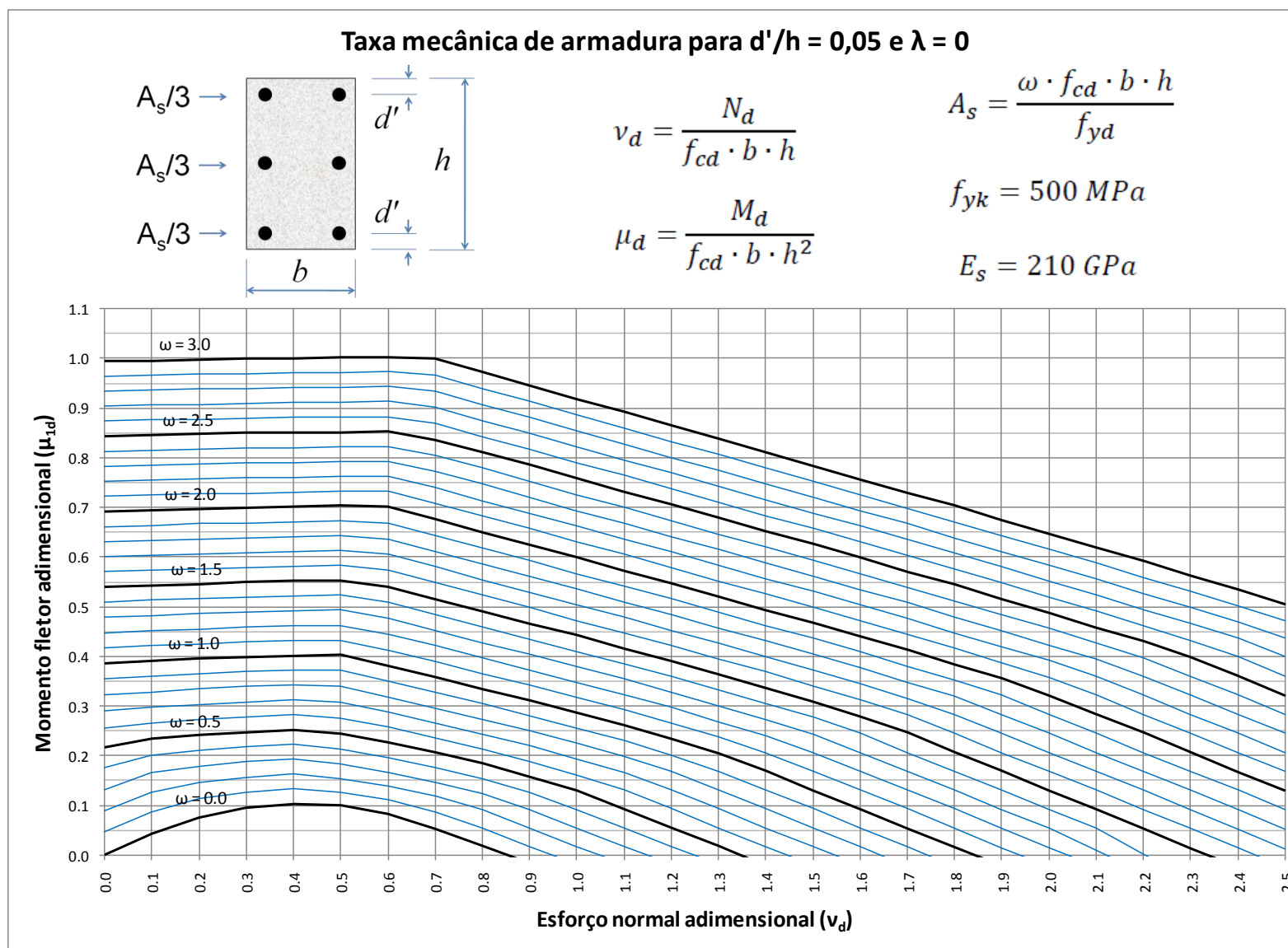
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

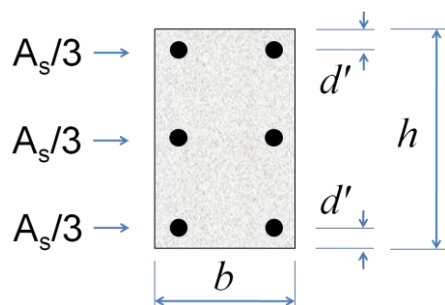
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.046	0.089	0.132	0.176	0.216	0.256	0.291	0.323	0.354	0.385	0.416	0.447	0.478	0.509	0.539	0.570	0.601	0.631	0.661	0.692	0.722	0.753	0.783	0.813	0.843	0.874	0.904	0.934	0.965	0.995
$v = 0.1$	0.044	0.086	0.127	0.166	0.201	0.234	0.266	0.297	0.328	0.359	0.390	0.421	0.451	0.482	0.513	0.543	0.573	0.604	0.634	0.664	0.695	0.725	0.755	0.785	0.815	0.846	0.876	0.906	0.936	0.966	0.996
$v = 0.2$	0.076	0.113	0.146	0.179	0.210	0.241	0.272	0.303	0.334	0.364	0.395	0.425	0.455	0.486	0.516	0.546	0.576	0.607	0.637	0.667	0.697	0.727	0.757	0.787	0.818	0.848	0.878	0.908	0.938	0.968	0.998
$v = 0.3$	0.096	0.127	0.157	0.188	0.218	0.248	0.278	0.308	0.339	0.369	0.399	0.429	0.459	0.489	0.519	0.549	0.579	0.609	0.639	0.669	0.699	0.729	0.759	0.790	0.820	0.850	0.880	0.910	0.940	0.970	1.000
$v = 0.4$	0.103	0.133	0.163	0.193	0.223	0.252	0.282	0.312	0.342	0.372	0.402	0.432	0.462	0.492	0.522	0.552	0.582	0.612	0.641	0.671	0.701	0.731	0.761	0.791	0.821	0.851	0.881	0.911	0.941	0.971	1.001
$v = 0.5$	0.099	0.126	0.154	0.184	0.214	0.245	0.276	0.308	0.340	0.372	0.403	0.433	0.463	0.493	0.523	0.553	0.583	0.613	0.643	0.673	0.703	0.733	0.763	0.793	0.823	0.852	0.882	0.912	0.942	0.972	1.002
$v = 0.6$	0.082	0.111	0.139	0.167	0.196	0.226	0.257	0.287	0.318	0.350	0.381	0.413	0.444	0.476	0.508	0.540	0.573	0.605	0.637	0.669	0.701	0.733	0.763	0.793	0.823	0.853	0.883	0.913	0.943	0.973	1.003
$v = 0.7$	0.053	0.087	0.118	0.147	0.177	0.206	0.236	0.266	0.296	0.327	0.358	0.389	0.421	0.452	0.484	0.516	0.548	0.580	0.612	0.644	0.676	0.708	0.740	0.773	0.805	0.837	0.870	0.902	0.934	0.967	0.999
$v = 0.8$	0.018	0.054	0.091	0.123	0.154	0.184	0.214	0.244	0.274	0.304	0.335	0.366	0.397	0.428	0.460	0.491	0.523	0.555	0.586	0.618	0.650	0.682	0.714	0.747	0.779	0.811	0.843	0.875	0.908	0.940	0.972
$v = 0.9$		0.018	0.055	0.092	0.126	0.158	0.189	0.220	0.250	0.281	0.311	0.342	0.373	0.404	0.435	0.466	0.498	0.529	0.561	0.593	0.625	0.657	0.688	0.720	0.753	0.785	0.817	0.849	0.881	0.914	0.946
$v = 1.0$			0.018	0.055	0.092	0.129	0.162	0.194	0.225	0.256	0.287	0.317	0.348	0.379	0.410	0.442	0.473	0.504	0.536	0.567	0.599	0.631	0.662	0.694	0.726	0.758	0.790	0.822	0.855	0.887	0.919
$v = 1.1$				0.018	0.055	0.093	0.130	0.165	0.198	0.230	0.261	0.292	0.323	0.354	0.385	0.416	0.447	0.479	0.510	0.542	0.573	0.605	0.636	0.668	0.700	0.732	0.764	0.796	0.828	0.860	0.892
$v = 1.2$					0.018	0.055	0.093	0.131	0.168	0.201	0.234	0.265	0.297	0.328	0.359	0.390	0.422	0.453	0.484	0.516	0.547	0.579	0.610	0.642	0.674	0.706	0.737	0.769	0.801	0.833	0.865
$v = 1.3$						0.017	0.055	0.093	0.131	0.169	0.204	0.237	0.269	0.301	0.333	0.364	0.395	0.427	0.458	0.490	0.521	0.552	0.584	0.616	0.647	0.679	0.711	0.743	0.775	0.807	0.838
$v = 1.4$							0.017	0.055	0.093	0.131	0.169	0.207	0.241	0.273	0.305	0.337	0.369	0.400	0.432	0.463	0.494	0.526	0.557	0.589	0.621	0.652	0.684	0.716	0.748	0.780	0.811
$v = 1.5$								0.017	0.055	0.093	0.131	0.169	0.207	0.244	0.277	0.309	0.341	0.373	0.404	0.436	0.468	0.499	0.531	0.562	0.594	0.626	0.657	0.689	0.721	0.753	0.784
$v = 1.6$									0.016	0.055	0.093	0.131	0.169	0.207	0.245	0.280	0.312	0.345	0.377	0.409	0.440	0.472	0.504	0.535	0.567	0.599	0.630	0.662	0.694	0.726	0.757
$v = 1.7$										0.016	0.054	0.093	0.131	0.169	0.207	0.246	0.283	0.316	0.348	0.380	0.413	0.444	0.476	0.508	0.540	0.571	0.603	0.635	0.667	0.699	0.730
$v = 1.8$											0.016	0.054	0.093	0.131	0.169	0.207	0.246	0.284	0.319	0.352	0.384	0.416	0.448	0.480	0.512	0.544	0.576	0.608	0.639	0.671	0.703
$v = 1.9$												0.015	0.054	0.092	0.131	0.169	0.207	0.246	0.284	0.322	0.355	0.387	0.420	0.452	0.484	0.516	0.548	0.580	0.612	0.644	0.675
$v = 2.0$													0.015	0.054	0.092	0.131	0.169	0.207	0.246	0.284	0.322	0.358	0.391	0.423	0.456	0.488	0.520	0.552	0.584	0.616	0.648
$v = 2.1$														0.009	0.053	0.092	0.130	0.169	0.207	0.246	0.284	0.322	0.361	0.394	0.427	0.459	0.491	0.524	0.556	0.588	0.620
$v = 2.2$															0.003	0.053	0.092	0.130	0.169	0.207	0.246	0.284	0.322	0.361	0.397	0.430	0.462	0.495	0.527	0.560	0.592
$v = 2.3$																0.053	0.091	0.130	0.168	0.207	0.245	0.284	0.322	0.361	0.399	0.433	0.466	0.498	0.531	0.563	
$v = 2.4$																	0.052	0.091	0.130	0.168	0.207	0.245	0.284	0.322	0.361	0.399	0.436	0.469	0.502	0.534	
$v = 2.5$																		0.052	0.091	0.129	0.168	0.207	0.245	0.284	0.322	0.361	0.399	0.438	0.472	0.505	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,05$ e $\lambda = 30$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

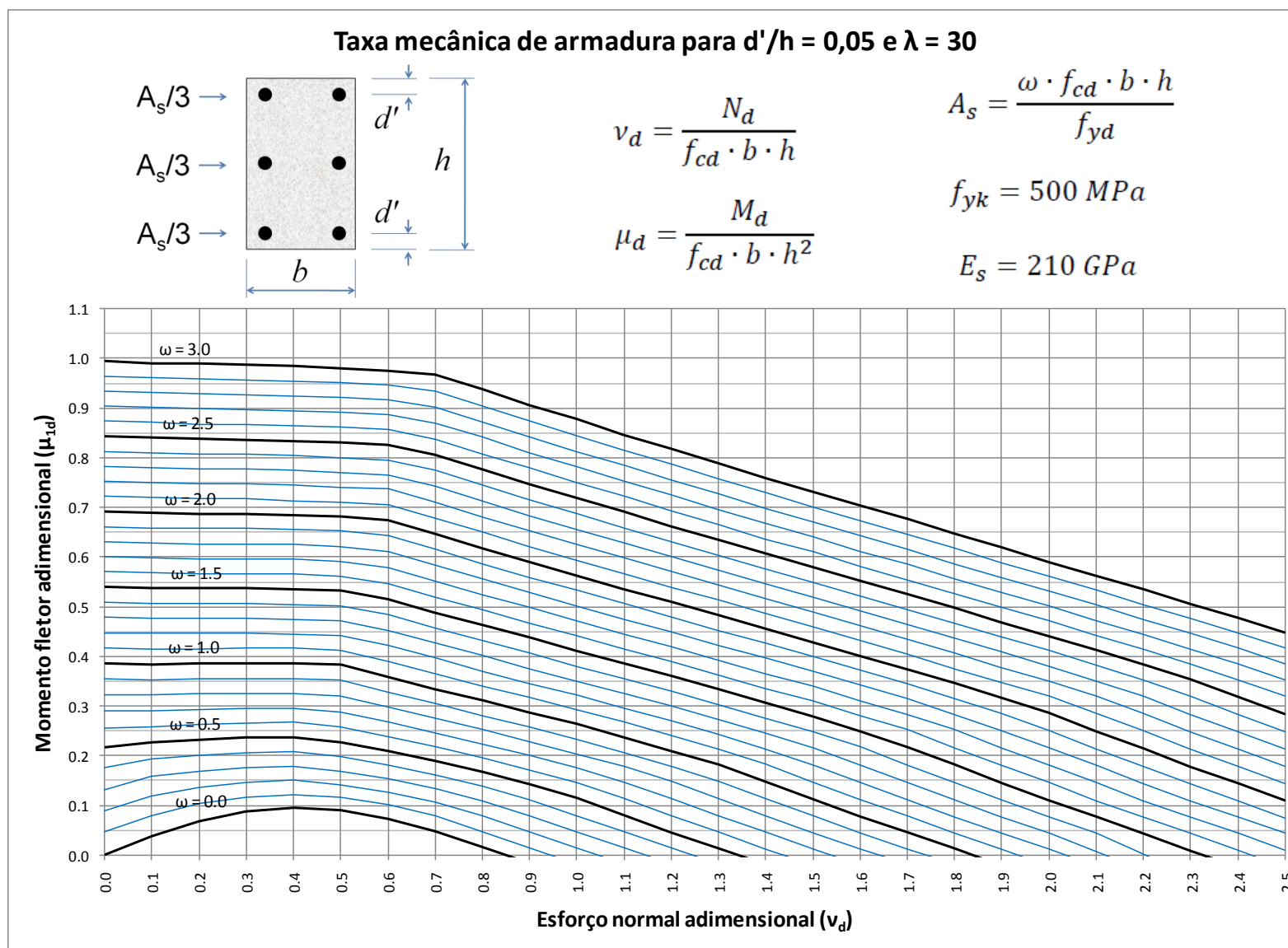
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

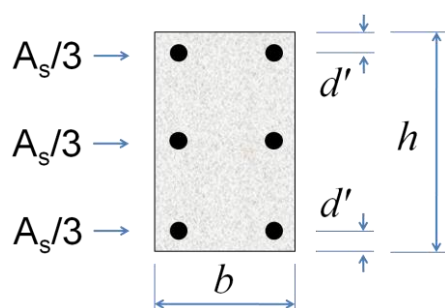
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\mathbf{v = 0.0}$	0.000	0.046	0.089	0.132	0.176	0.216	0.256	0.291	0.323	0.354	0.385	0.416	0.447	0.478	0.509	0.539	0.570	0.601	0.631	0.661	0.692	0.722	0.753	0.783	0.813	0.843	0.874	0.904	0.934	0.965	0.995
$\mathbf{v = 0.1}$	0.039	0.079	0.119	0.158	0.194	0.227	0.259	0.291	0.322	0.353	0.384	0.415	0.446	0.476	0.507	0.537	0.568	0.598	0.629	0.659	0.689	0.720	0.750	0.780	0.810	0.841	0.871	0.901	0.931	0.961	0.991
$\mathbf{v = 0.2}$	0.069	0.103	0.136	0.168	0.200	0.231	0.262	0.293	0.324	0.354	0.385	0.415	0.446	0.476	0.506	0.537	0.567	0.597	0.627	0.657	0.688	0.718	0.748	0.778	0.808	0.838	0.868	0.899	0.929	0.959	0.989
$\mathbf{v = 0.3}$	0.088	0.116	0.146	0.176	0.206	0.236	0.266	0.296	0.326	0.356	0.386	0.416	0.447	0.477	0.507	0.537	0.567	0.597	0.627	0.657	0.687	0.717	0.747	0.777	0.807	0.837	0.867	0.897	0.927	0.957	0.987
$\mathbf{v = 0.4}$	0.096	0.122	0.150	0.178	0.208	0.237	0.267	0.296	0.326	0.356	0.386	0.416	0.445	0.475	0.505	0.535	0.565	0.595	0.625	0.655	0.685	0.714	0.745	0.774	0.804	0.834	0.864	0.894	0.924	0.954	0.984
$\mathbf{v = 0.5}$	0.091	0.116	0.142	0.169	0.198	0.228	0.258	0.289	0.320	0.352	0.383	0.413	0.443	0.472	0.502	0.532	0.562	0.592	0.622	0.652	0.681	0.711	0.741	0.771	0.801	0.831	0.861	0.891	0.921	0.951	0.981
$\mathbf{v = 0.6}$	0.074	0.101	0.127	0.153	0.180	0.209	0.238	0.267	0.298	0.328	0.359	0.390	0.421	0.452	0.484	0.516	0.547	0.579	0.611	0.643	0.675	0.706	0.737	0.766	0.796	0.826	0.856	0.886	0.916	0.946	0.976
$\mathbf{v = 0.7}$	0.047	0.078	0.107	0.134	0.161	0.189	0.217	0.246	0.275	0.305	0.335	0.365	0.396	0.427	0.458	0.489	0.520	0.552	0.583	0.615	0.647	0.678	0.710	0.742	0.774	0.806	0.838	0.870	0.902	0.935	0.967
$\mathbf{v = 0.8}$	0.015	0.047	0.080	0.110	0.139	0.167	0.195	0.224	0.252	0.281	0.311	0.341	0.371	0.401	0.432	0.463	0.493	0.525	0.556	0.587	0.618	0.650	0.681	0.713	0.745	0.776	0.808	0.841	0.873	0.905	0.937
$\mathbf{v = 0.9}$		0.015	0.047	0.080	0.112	0.142	0.172	0.200	0.229	0.258	0.287	0.317	0.346	0.376	0.407	0.437	0.467	0.498	0.529	0.560	0.591	0.622	0.653	0.684	0.716	0.747	0.779	0.811	0.843	0.875	0.906
$\mathbf{v = 1.0}$			0.015	0.047	0.080	0.114	0.145	0.175	0.204	0.234	0.263	0.292	0.322	0.351	0.381	0.411	0.441	0.472	0.502	0.533	0.563	0.594	0.625	0.656	0.688	0.719	0.750	0.782	0.813	0.845	0.877
$\mathbf{v = 1.1}$				0.014	0.046	0.080	0.114	0.147	0.178	0.207	0.237	0.267	0.296	0.326	0.355	0.386	0.415	0.445	0.475	0.506	0.536	0.567	0.598	0.628	0.659	0.691	0.722	0.753	0.785	0.816	0.847
$\mathbf{v = 1.2}$					0.014	0.046	0.080	0.113	0.148	0.179	0.210	0.240	0.270	0.300	0.330	0.360	0.390	0.419	0.449	0.479	0.510	0.540	0.570	0.601	0.631	0.663	0.693	0.725	0.756	0.787	0.818
$\mathbf{v = 1.3}$						0.014	0.046	0.079	0.113	0.148	0.181	0.213	0.243	0.273	0.303	0.333	0.363	0.393	0.423	0.453	0.482	0.513	0.543	0.574	0.604	0.635	0.665	0.696	0.727	0.758	0.789
$\mathbf{v = 1.4}$							0.013	0.046	0.079	0.113	0.148	0.183	0.214	0.245	0.276	0.306	0.336	0.366	0.396	0.426	0.456	0.486	0.516	0.546	0.576	0.607	0.637	0.668	0.699	0.730	0.760
$\mathbf{v = 1.5}$								0.013	0.045	0.079	0.113	0.147	0.182	0.216	0.248	0.278	0.309	0.339	0.369	0.399	0.429	0.459	0.489	0.519	0.549	0.579	0.610	0.640	0.671	0.701	0.732
$\mathbf{v = 1.6}$									0.013	0.045	0.078	0.112	0.146	0.182	0.218	0.250	0.281	0.311	0.342	0.372	0.402	0.432	0.462	0.491	0.522	0.552	0.582	0.612	0.643	0.674	0.704
$\mathbf{v = 1.7}$										0.013	0.045	0.078	0.112	0.146	0.181	0.217	0.252	0.282	0.314	0.344	0.374	0.405	0.434	0.464	0.494	0.525	0.554	0.585	0.615	0.645	0.676
$\mathbf{v = 1.8}$											0.012	0.044	0.077	0.112	0.146	0.181	0.216	0.252	0.284	0.315	0.347	0.376	0.407	0.437	0.467	0.497	0.527	0.557	0.587	0.618	0.647
$\mathbf{v = 1.9}$												0.011	0.044	0.077	0.111	0.145	0.181	0.216	0.251	0.286	0.317	0.348	0.378	0.409	0.439	0.469	0.499	0.529	0.559	0.589	0.620
$\mathbf{v = 2.0}$													0.011	0.044	0.077	0.111	0.145	0.180	0.215	0.251	0.286	0.319	0.350	0.380	0.411	0.441	0.471	0.501	0.531	0.561	0.591
$\mathbf{v = 2.1}$														0.007	0.044	0.077	0.110	0.145	0.180	0.214	0.250	0.286	0.320	0.351	0.382	0.413	0.443	0.473	0.503	0.534	0.563
$\mathbf{v = 2.2}$															0.002	0.043	0.077	0.110	0.144	0.179	0.215	0.250	0.285	0.320	0.353	0.383	0.414	0.444	0.474	0.505	0.535
$\mathbf{v = 2.3}$																	0.043	0.076	0.110	0.144	0.178	0.214	0.248	0.284	0.320	0.354	0.384	0.415	0.446	0.476	0.506
$\mathbf{v = 2.4}$																		0.043	0.076	0.109	0.144	0.179	0.214	0.248	0.284	0.319	0.353	0.386	0.416	0.448	0.478
$\mathbf{v = 2.5}$																			0.043	0.075	0.109	0.144	0.178	0.213	0.248	0.284	0.319	0.353	0.386	0.418	0.449



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,05$ e $\lambda = 60$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

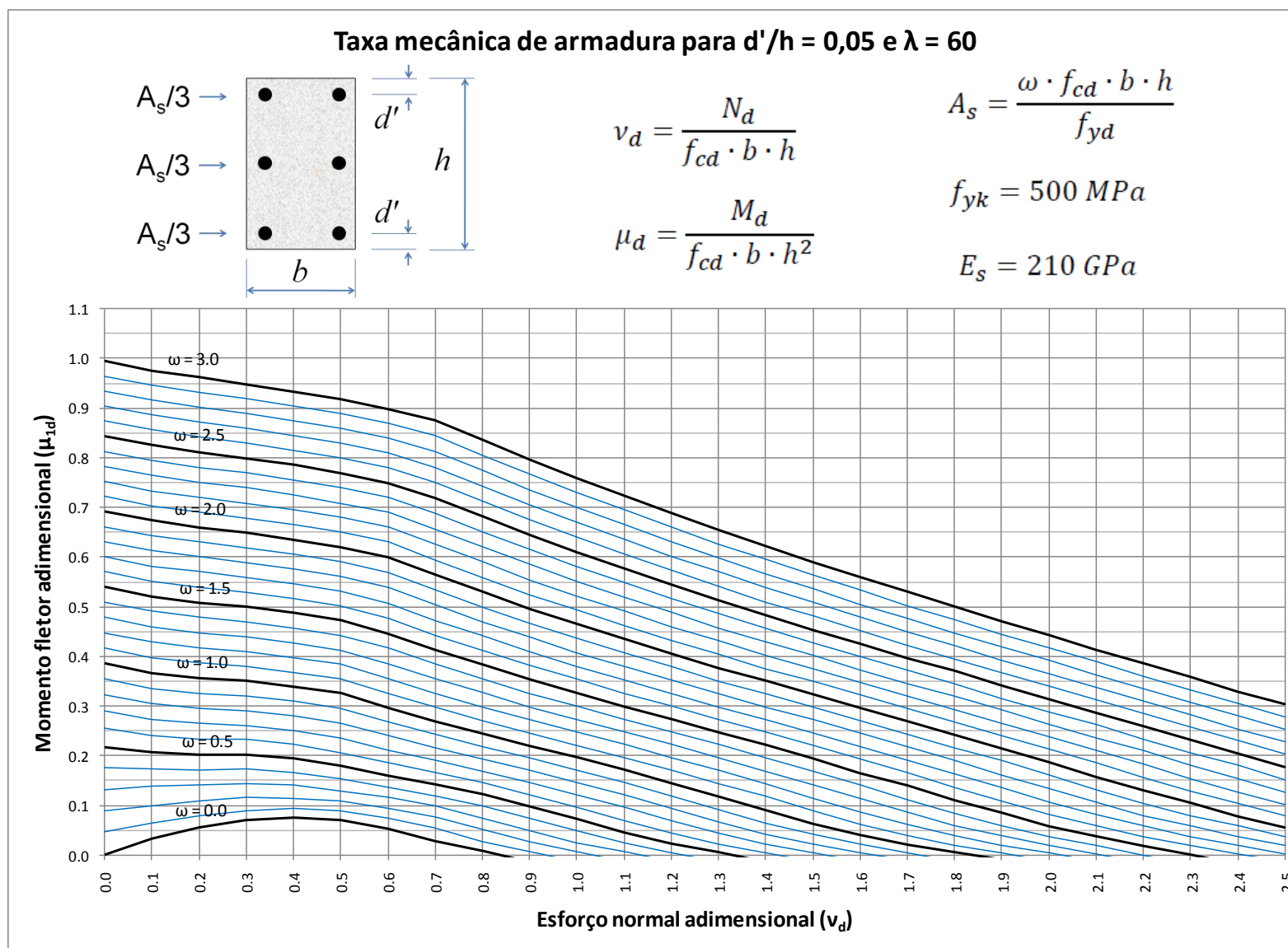
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

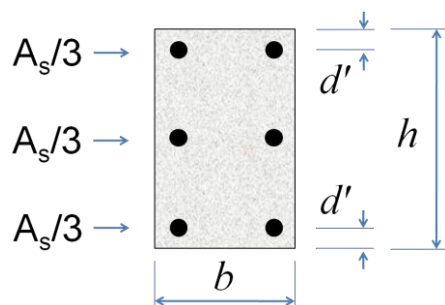
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega=0.0$	$\omega=0.1$	$\omega=0.2$	$\omega=0.3$	$\omega=0.4$	$\omega=0.5$	$\omega=0.6$	$\omega=0.7$	$\omega=0.8$	$\omega=0.9$	$\omega=1.0$	$\omega=1.1$	$\omega=1.2$	$\omega=1.3$	$\omega=1.4$	$\omega=1.5$	$\omega=1.6$	$\omega=1.7$	$\omega=1.8$	$\omega=1.9$	$\omega=2.0$	$\omega=2.1$	$\omega=2.2$	$\omega=2.3$	$\omega=2.4$	$\omega=2.5$	$\omega=2.6$	$\omega=2.7$	$\omega=2.8$	$\omega=2.9$	$\omega=3.0$
$v=0.0$	0.000	0.046	0.089	0.132	0.176	0.216	0.256	0.291	0.323	0.354	0.385	0.416	0.447	0.478	0.509	0.539	0.570	0.601	0.631	0.661	0.692	0.722	0.753	0.783	0.813	0.843	0.874	0.904	0.934	0.965	0.995
$v=0.1$	0.033	0.063	0.100	0.138	0.174	0.207	0.240	0.272	0.304	0.335	0.367	0.398	0.429	0.460	0.491	0.521	0.552	0.582	0.613	0.643	0.674	0.704	0.734	0.765	0.795	0.825	0.856	0.886	0.916	0.946	0.976
$v=0.2$	0.055	0.080	0.110	0.141	0.172	0.203	0.234	0.265	0.296	0.326	0.357	0.387	0.418	0.448	0.479	0.509	0.539	0.570	0.600	0.630	0.660	0.690	0.721	0.751	0.781	0.811	0.841	0.871	0.901	0.932	0.962
$v=0.3$	0.070	0.090	0.116	0.144	0.173	0.202	0.232	0.261	0.291	0.321	0.351	0.380	0.410	0.440	0.470	0.500	0.530	0.560	0.589	0.619	0.649	0.679	0.709	0.739	0.769	0.799	0.829	0.859	0.889	0.919	0.949
$v=0.4$	0.075	0.093	0.115	0.140	0.166	0.194	0.223	0.251	0.280	0.310	0.339	0.368	0.398	0.427	0.457	0.487	0.516	0.546	0.576	0.606	0.635	0.665	0.695	0.725	0.755	0.785	0.815	0.844	0.874	0.905	0.934
$v=0.5$	0.070	0.088	0.108	0.129	0.154	0.180	0.207	0.236	0.266	0.296	0.326	0.355	0.384	0.413	0.443	0.472	0.502	0.531	0.561	0.591	0.620	0.650	0.680	0.709	0.739	0.769	0.799	0.829	0.859	0.889	0.918
$v=0.6$	0.053	0.074	0.095	0.116	0.137	0.161	0.186	0.212	0.240	0.268	0.297	0.326	0.355	0.386	0.416	0.446	0.476	0.507	0.538	0.569	0.600	0.631	0.661	0.690	0.720	0.750	0.780	0.810	0.839	0.870	0.899
$v=0.7$	0.029	0.053	0.076	0.098	0.120	0.142	0.166	0.190	0.216	0.242	0.270	0.298	0.326	0.355	0.384	0.413	0.443	0.473	0.503	0.533	0.564	0.594	0.625	0.656	0.687	0.718	0.750	0.781	0.812	0.844	0.875
$v=0.8$	0.008	0.028	0.051	0.075	0.099	0.122	0.145	0.169	0.193	0.219	0.245	0.271	0.299	0.327	0.355	0.383	0.411	0.441	0.470	0.500	0.530	0.559	0.590	0.620	0.650	0.681	0.712	0.742	0.774	0.805	0.836
$v=0.9$		0.007	0.026	0.050	0.074	0.098	0.122	0.146	0.171	0.195	0.220	0.246	0.272	0.299	0.326	0.354	0.382	0.410	0.439	0.467	0.496	0.525	0.555	0.585	0.615	0.645	0.675	0.706	0.736	0.767	0.797
$v=1.0$			0.007	0.025	0.048	0.073	0.097	0.122	0.147	0.172	0.196	0.221	0.247	0.273	0.300	0.327	0.354	0.381	0.408	0.437	0.465	0.493	0.522	0.551	0.581	0.610	0.640	0.670	0.700	0.730	0.760
$v=1.1$				0.006	0.024	0.046	0.070	0.096	0.121	0.146	0.172	0.196	0.222	0.248	0.273	0.300	0.326	0.353	0.380	0.407	0.435	0.462	0.491	0.519	0.548	0.577	0.606	0.636	0.665	0.695	0.725
$v=1.2$					0.005	0.023	0.044	0.068	0.095	0.120	0.145	0.171	0.196	0.222	0.248	0.274	0.300	0.326	0.352	0.379	0.406	0.433	0.460	0.488	0.516	0.544	0.573	0.602	0.631	0.660	0.690
$v=1.3$						0.005	0.022	0.043	0.066	0.092	0.118	0.144	0.170	0.196	0.222	0.248	0.273	0.299	0.325	0.351	0.377	0.404	0.431	0.458	0.486	0.513	0.542	0.570	0.598	0.627	0.655
$v=1.4$							0.005	0.022	0.042	0.065	0.090	0.118	0.143	0.169	0.195	0.221	0.247	0.273	0.298	0.324	0.350	0.376	0.403	0.429	0.456	0.483	0.510	0.538	0.566	0.595	0.623
$v=1.5$								0.005	0.021	0.041	0.064	0.089	0.115	0.142	0.168	0.194	0.220	0.246	0.272	0.298	0.323	0.349	0.374	0.401	0.427	0.454	0.481	0.508	0.536	0.563	0.591
$v=1.6$									0.005	0.021	0.040	0.062	0.087	0.113	0.141	0.166	0.193	0.218	0.245	0.271	0.297	0.322	0.347	0.373	0.399	0.425	0.451	0.479	0.505	0.533	0.560
$v=1.7$										0.004	0.020	0.039	0.061	0.086	0.111	0.139	0.166	0.191	0.218	0.244	0.270	0.295	0.321	0.346	0.372	0.397	0.423	0.450	0.476	0.502	0.530
$v=1.8$											0.005	0.020	0.039	0.060	0.085	0.110	0.136	0.164	0.191	0.216	0.242	0.268	0.293	0.319	0.344	0.370	0.395	0.421	0.447	0.474	0.500
$v=1.9$												0.004	0.020	0.039	0.060	0.084	0.108	0.135	0.162	0.190	0.215	0.240	0.266	0.292	0.316	0.342	0.368	0.393	0.419	0.445	0.471
$v=2.0$													0.004	0.019	0.038	0.059	0.082	0.107	0.133	0.160	0.187	0.213	0.238	0.264	0.289	0.315	0.340	0.365	0.391	0.417	0.442
$v=2.1$														0.002	0.019	0.038	0.059	0.082	0.106	0.131	0.158	0.185	0.212	0.236	0.262	0.287	0.312	0.338	0.363	0.389	0.414
$v=2.2$																0.019	0.037	0.058	0.080	0.105	0.130	0.156	0.184	0.210	0.234	0.260	0.285	0.310	0.336	0.361	0.386
$v=2.3$																	0.020	0.037	0.058	0.079	0.104	0.129	0.154	0.182	0.207	0.232	0.258	0.282	0.307	0.332	0.358
$v=2.4$																		0.019	0.037	0.058	0.079	0.103	0.127	0.154	0.180	0.205	0.230	0.254	0.280	0.305	0.330
$v=2.5$																			0.019	0.036	0.056	0.079	0.101	0.126	0.151	0.178	0.204	0.229	0.253	0.278	0.303



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,05$ e $\lambda = 90$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

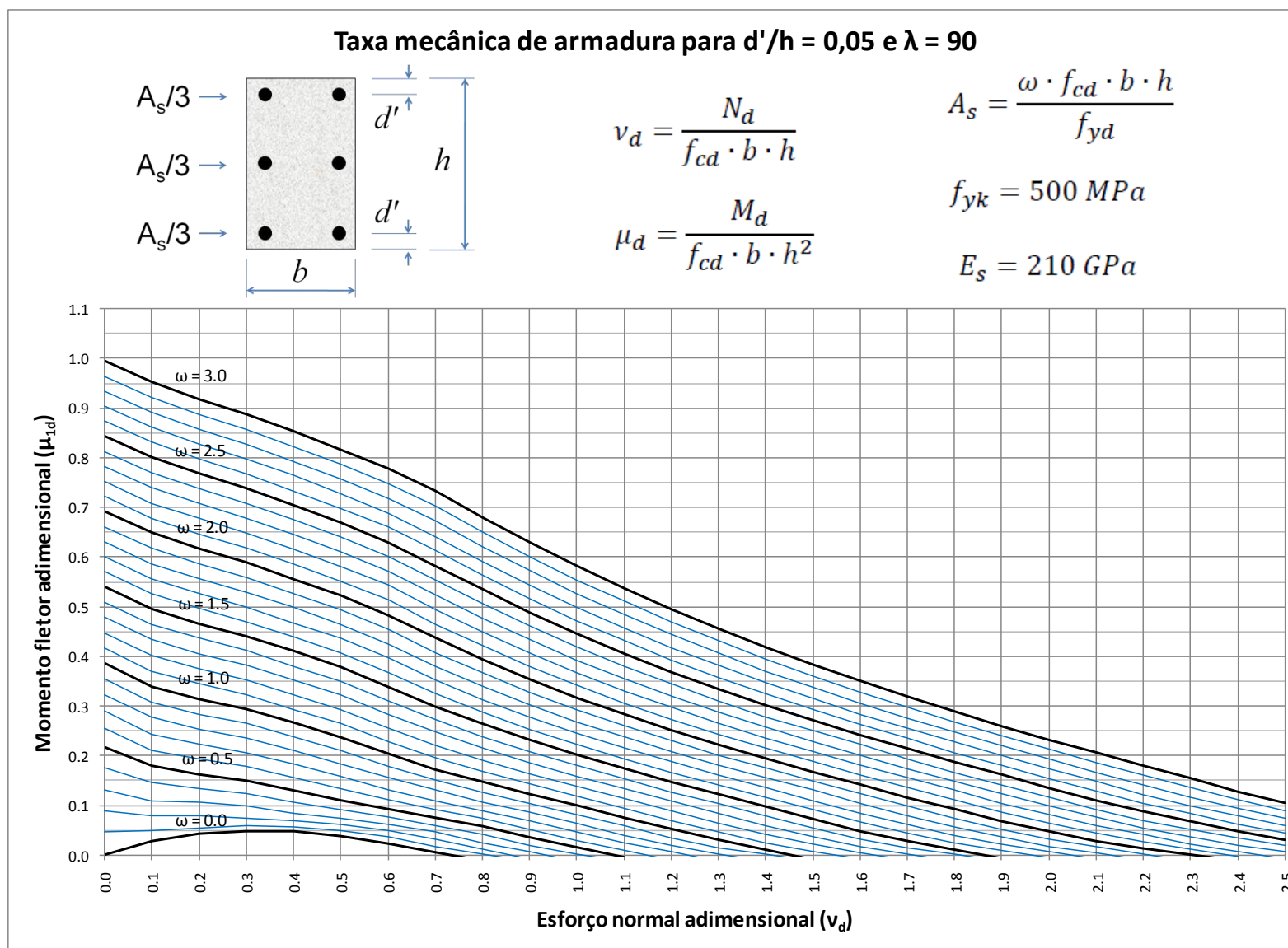
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yk}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

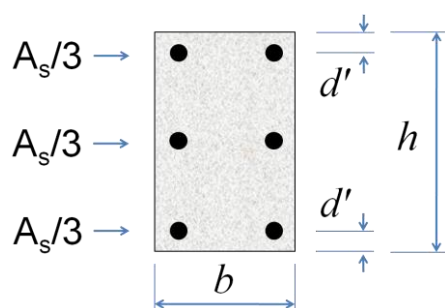
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.046	0.089	0.132	0.176	0.216	0.256	0.291	0.323	0.354	0.385	0.416	0.447	0.478	0.509	0.539	0.570	0.601	0.631	0.661	0.692	0.722	0.753	0.783	0.813	0.843	0.874	0.904	0.934	0.965	0.995
$v = 0.1$	0.028	0.049	0.078	0.110	0.145	0.179	0.212	0.244	0.277	0.308	0.340	0.371	0.402	0.434	0.465	0.495	0.526	0.557	0.587	0.618	0.649	0.679	0.709	0.740	0.770	0.801	0.831	0.861	0.892	0.922	0.952
$v = 0.2$	0.043	0.054	0.079	0.106	0.134	0.163	0.193	0.223	0.254	0.284	0.314	0.345	0.375	0.405	0.436	0.466	0.496	0.526	0.556	0.587	0.617	0.647	0.677	0.707	0.737	0.768	0.798	0.828	0.858	0.888	0.918
$v = 0.3$	0.049	0.058	0.074	0.098	0.124	0.151	0.179	0.207	0.236	0.265	0.294	0.323	0.352	0.382	0.411	0.441	0.470	0.500	0.529	0.559	0.589	0.619	0.648	0.678	0.708	0.738	0.768	0.798	0.827	0.857	0.887
$v = 0.4$	0.047	0.057	0.068	0.085	0.107	0.131	0.157	0.183	0.210	0.238	0.266	0.294	0.323	0.352	0.381	0.410	0.439	0.468	0.498	0.527	0.556	0.586	0.616	0.645	0.675	0.704	0.734	0.764	0.793	0.823	0.853
$v = 0.5$	0.039	0.050	0.061	0.074	0.091	0.111	0.133	0.158	0.184	0.211	0.238	0.266	0.293	0.322	0.350	0.378	0.407	0.436	0.465	0.494	0.523	0.552	0.582	0.611	0.640	0.670	0.699	0.729	0.758	0.788	0.817
$v = 0.6$	0.022	0.036	0.049	0.062	0.076	0.092	0.111	0.132	0.155	0.178	0.204	0.229	0.256	0.283	0.311	0.339	0.367	0.396	0.425	0.454	0.484	0.513	0.543	0.572	0.601	0.630	0.660	0.689	0.718	0.748	0.778
$v = 0.7$	0.005	0.016	0.031	0.046	0.060	0.076	0.092	0.110	0.130	0.151	0.173	0.197	0.221	0.247	0.272	0.299	0.325	0.353	0.380	0.408	0.437	0.465	0.495	0.524	0.553	0.583	0.613	0.642	0.672	0.703	0.733
$v = 0.8$		0.001	0.011	0.025	0.041	0.057	0.073	0.090	0.107	0.126	0.147	0.169	0.191	0.215	0.238	0.263	0.288	0.313	0.340	0.367	0.393	0.421	0.449	0.477	0.506	0.534	0.563	0.592	0.621	0.651	0.680
$v = 0.9$				0.006	0.019	0.035	0.052	0.068	0.086	0.104	0.123	0.143	0.163	0.185	0.208	0.231	0.254	0.278	0.303	0.328	0.353	0.380	0.407	0.434	0.461	0.489	0.516	0.544	0.573	0.602	0.630
$v = 1.0$					0.003	0.015	0.030	0.046	0.064	0.081	0.100	0.118	0.138	0.158	0.180	0.201	0.223	0.246	0.269	0.293	0.317	0.342	0.367	0.393	0.419	0.446	0.473	0.500	0.527	0.555	0.583
$v = 1.1$						0.010	0.024	0.040	0.058	0.076	0.095	0.113	0.133	0.153	0.174	0.194	0.216	0.238	0.260	0.283	0.306	0.331	0.355	0.380	0.406	0.431	0.458	0.484	0.511	0.538	
$v = 1.2$							0.006	0.019	0.035	0.052	0.070	0.089	0.108	0.127	0.147	0.167	0.188	0.209	0.230	0.252	0.274	0.297	0.320	0.344	0.369	0.393	0.418	0.444	0.470	0.496	
$v = 1.3$								0.003	0.015	0.030	0.047	0.065	0.083	0.103	0.122	0.142	0.161	0.181	0.202	0.222	0.244	0.265	0.288	0.311	0.334	0.357	0.382	0.406	0.431	0.456	
$v = 1.4$									0.001	0.011	0.025	0.041	0.060	0.078	0.097	0.116	0.136	0.155	0.175	0.195	0.215	0.236	0.258	0.279	0.301	0.324	0.347	0.370	0.394	0.419	
$v = 1.5$											0.008	0.021	0.037	0.054	0.072	0.091	0.110	0.130	0.149	0.168	0.188	0.208	0.229	0.250	0.271	0.293	0.315	0.338	0.360	0.383	
$v = 1.6$												0.005	0.018	0.033	0.049	0.066	0.085	0.104	0.123	0.142	0.162	0.182	0.201	0.222	0.242	0.262	0.284	0.306	0.328	0.351	
$v = 1.7$													0.003	0.014	0.028	0.044	0.061	0.080	0.098	0.116	0.136	0.155	0.174	0.194	0.214	0.235	0.255	0.276	0.298	0.319	
$v = 1.8$														0.001	0.011	0.024	0.040	0.057	0.074	0.093	0.111	0.130	0.149	0.167	0.187	0.207	0.227	0.248	0.268	0.289	
$v = 1.9$																0.009	0.021	0.036	0.052	0.068	0.086	0.105	0.123	0.142	0.162	0.181	0.201	0.220	0.240	0.260	
$v = 2.0$																		0.006	0.018	0.032	0.048	0.064	0.081	0.098	0.117	0.135	0.154	0.174	0.193	0.213	0.232
$v = 2.1$																			0.004	0.016	0.029	0.044	0.059	0.076	0.092	0.110	0.129	0.148	0.167	0.186	0.206
$v = 2.2$																				0.002	0.013	0.026	0.041	0.055	0.070	0.087	0.105	0.122	0.141	0.161	0.179
$v = 2.3$																					0.001	0.012	0.023	0.037	0.051	0.067	0.083	0.099	0.117	0.135	0.154
$v = 2.4$																						0.008	0.020	0.034	0.048	0.062	0.078	0.095	0.112	0.128	
$v = 2.5$																							0.008	0.019	0.030	0.044	0.059	0.074	0.090	0.106	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,10$ e $\lambda = 0$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

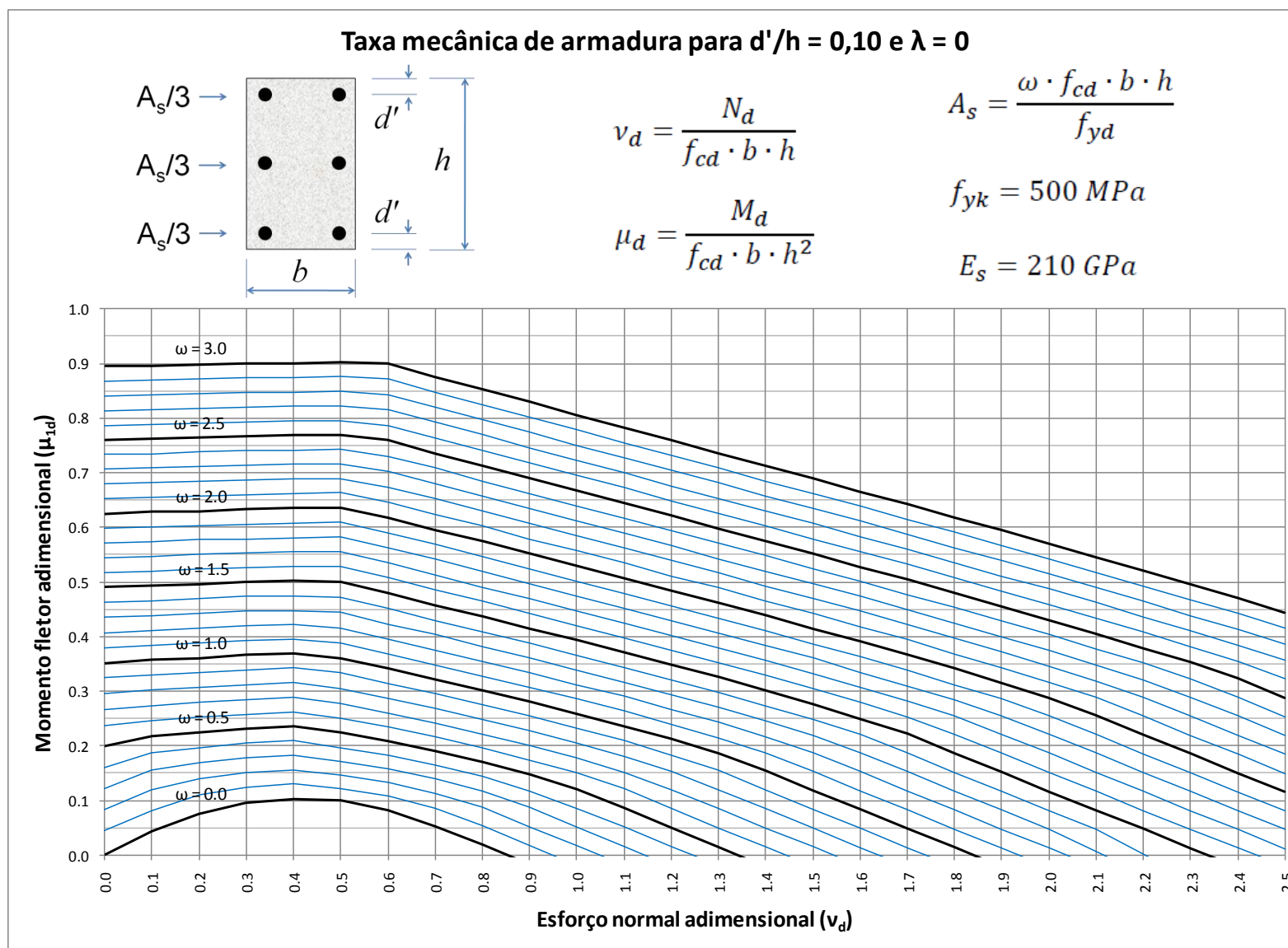
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

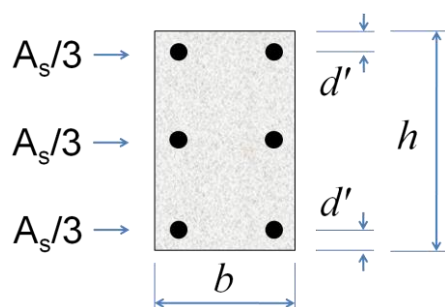
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.044	0.084	0.122	0.161	0.200	0.236	0.267	0.296	0.324	0.352	0.380	0.407	0.435	0.462	0.490	0.517	0.544	0.571	0.598	0.625	0.652	0.679	0.706	0.733	0.760	0.787	0.814	0.841	0.868	0.895
$v = 0.1$	0.044	0.082	0.120	0.156	0.188	0.217	0.246	0.274	0.302	0.329	0.357	0.384	0.411	0.439	0.466	0.493	0.520	0.547	0.574	0.601	0.628	0.655	0.682	0.709	0.735	0.762	0.789	0.816	0.843	0.870	0.896
$v = 0.2$	0.076	0.110	0.140	0.169	0.197	0.225	0.252	0.280	0.307	0.334	0.361	0.388	0.415	0.442	0.469	0.496	0.523	0.550	0.577	0.604	0.630	0.657	0.684	0.711	0.738	0.764	0.791	0.818	0.845	0.872	0.898
$v = 0.3$	0.096	0.123	0.151	0.178	0.205	0.231	0.258	0.285	0.312	0.339	0.366	0.392	0.419	0.446	0.473	0.499	0.526	0.553	0.579	0.606	0.633	0.659	0.686	0.713	0.740	0.766	0.793	0.820	0.846	0.873	0.900
$v = 0.4$	0.103	0.130	0.156	0.183	0.209	0.236	0.262	0.289	0.315	0.342	0.369	0.395	0.422	0.448	0.475	0.502	0.528	0.555	0.581	0.608	0.635	0.661	0.688	0.715	0.741	0.768	0.795	0.821	0.848	0.875	0.901
$v = 0.5$	0.099	0.122	0.146	0.171	0.197	0.224	0.251	0.278	0.305	0.333	0.361	0.388	0.416	0.444	0.472	0.500	0.528	0.556	0.583	0.609	0.636	0.663	0.689	0.716	0.743	0.769	0.796	0.822	0.849	0.876	0.902
$v = 0.6$	0.082	0.108	0.132	0.157	0.182	0.208	0.234	0.260	0.287	0.314	0.341	0.368	0.396	0.423	0.451	0.479	0.507	0.534	0.562	0.590	0.618	0.646	0.674	0.702	0.730	0.759	0.787	0.815	0.843	0.871	0.899
$v = 0.7$	0.053	0.085	0.113	0.139	0.164	0.190	0.216	0.242	0.268	0.295	0.321	0.348	0.375	0.403	0.430	0.458	0.485	0.513	0.541	0.568	0.596	0.624	0.652	0.680	0.708	0.736	0.764	0.792	0.820	0.848	0.876
$v = 0.8$	0.018	0.053	0.087	0.116	0.144	0.170	0.196	0.222	0.248	0.275	0.301	0.328	0.355	0.382	0.409	0.436	0.464	0.491	0.519	0.546	0.574	0.602	0.629	0.657	0.685	0.713	0.741	0.769	0.797	0.825	0.853
$v = 0.9$		0.017	0.052	0.087	0.118	0.147	0.174	0.201	0.228	0.254	0.280	0.307	0.334	0.361	0.388	0.415	0.442	0.469	0.497	0.524	0.552	0.579	0.607	0.634	0.662	0.690	0.718	0.746	0.774	0.802	0.829
$v = 1.0$			0.017	0.052	0.086	0.120	0.150	0.178	0.205	0.232	0.259	0.286	0.312	0.339	0.366	0.393	0.420	0.447	0.474	0.502	0.529	0.557	0.584	0.612	0.640	0.667	0.695	0.723	0.750	0.779	0.806
$v = 1.1$				0.016	0.051	0.086	0.121	0.152	0.181	0.209	0.236	0.263	0.290	0.317	0.344	0.371	0.398	0.425	0.452	0.479	0.507	0.534	0.562	0.589	0.617	0.644	0.672	0.700	0.727	0.755	0.783
$v = 1.2$					0.016	0.051	0.085	0.120	0.154	0.183	0.212	0.239	0.267	0.294	0.321	0.348	0.375	0.402	0.430	0.457	0.484	0.511	0.539	0.566	0.594	0.621	0.649	0.676	0.704	0.732	0.760
$v = 1.3$						0.015	0.050	0.085	0.120	0.155	0.185	0.214	0.243	0.270	0.298	0.325	0.352	0.380	0.407	0.434	0.461	0.489	0.516	0.543	0.571	0.598	0.626	0.653	0.681	0.709	0.736
$v = 1.4$							0.015	0.050	0.085	0.119	0.154	0.187	0.217	0.245	0.273	0.301	0.329	0.356	0.383	0.411	0.438	0.465	0.493	0.520	0.548	0.575	0.602	0.630	0.658	0.685	0.713
$v = 1.5$								0.015	0.049	0.084	0.119	0.154	0.188	0.219	0.248	0.276	0.304	0.332	0.360	0.387	0.415	0.442	0.469	0.497	0.524	0.552	0.579	0.607	0.634	0.662	0.689
$v = 1.6$									0.014	0.049	0.084	0.118	0.153	0.188	0.221	0.250	0.279	0.307	0.335	0.363	0.391	0.418	0.446	0.473	0.501	0.528	0.556	0.583	0.611	0.638	0.666
$v = 1.7$										0.014	0.049	0.083	0.118	0.153	0.187	0.222	0.252	0.281	0.310	0.338	0.366	0.394	0.422	0.449	0.477	0.504	0.532	0.559	0.587	0.615	0.642
$v = 1.8$											0.014	0.048	0.083	0.118	0.152	0.187	0.222	0.254	0.284	0.312	0.341	0.369	0.397	0.425	0.453	0.480	0.508	0.535	0.563	0.591	0.618
$v = 1.9$												0.013	0.048	0.083	0.117	0.152	0.186	0.221	0.256	0.286	0.315	0.343	0.372	0.400	0.428	0.456	0.483	0.511	0.539	0.567	0.594
$v = 2.0$													0.012	0.048	0.082	0.117	0.151	0.186	0.221	0.255	0.288	0.317	0.346	0.374	0.403	0.431	0.459	0.487	0.514	0.542	0.570
$v = 2.1$														0.007	0.047	0.082	0.116	0.151	0.186	0.220	0.255	0.289	0.319	0.348	0.377	0.405	0.434	0.462	0.490	0.518	0.545
$v = 2.2$															0.002	0.047	0.081	0.116	0.151	0.185	0.220	0.254	0.289	0.321	0.351	0.379	0.408	0.436	0.465	0.493	0.521
$v = 2.3$																	0.047	0.081	0.116	0.150	0.185	0.219	0.254	0.289	0.323	0.353	0.382	0.411	0.439	0.468	0.495
$v = 2.4$																		0.046	0.081	0.115	0.150	0.184	0.219	0.254	0.288	0.323	0.355	0.384	0.413	0.442	0.470
$v = 2.5$																			0.046	0.080	0.115	0.149	0.184	0.219	0.253	0.288	0.322	0.357	0.386	0.416	0.444



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,10$ e $\lambda = 30$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

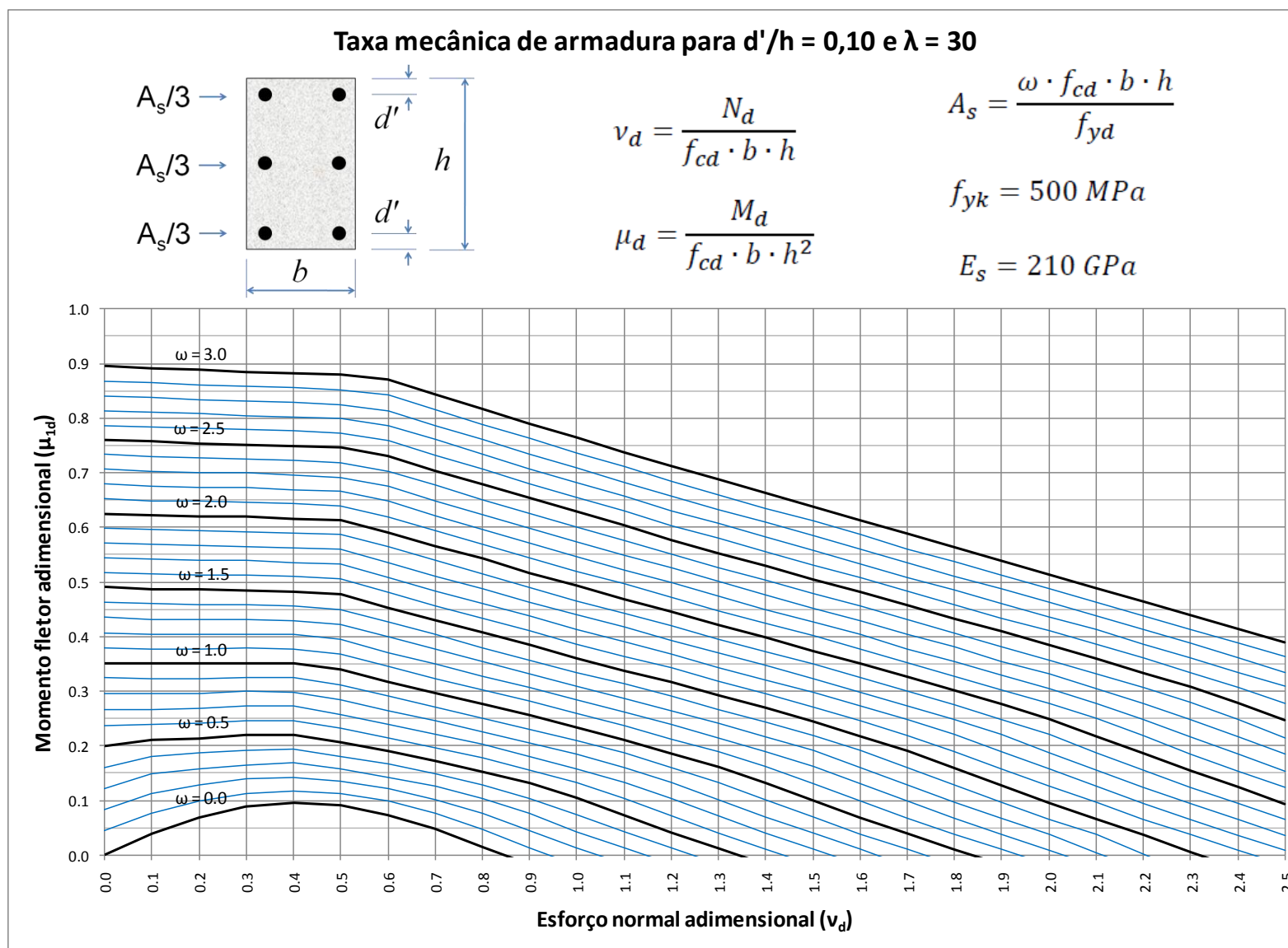
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

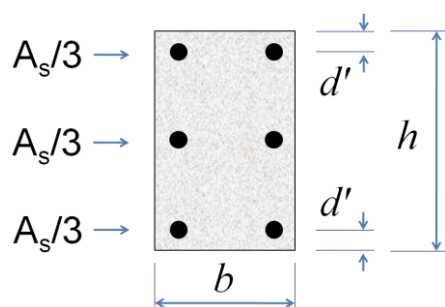
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.044	0.084	0.122	0.161	0.200	0.236	0.267	0.296	0.324	0.352	0.380	0.407	0.435	0.462	0.490	0.517	0.544	0.571	0.598	0.625	0.652	0.679	0.706	0.733	0.760	0.787	0.814	0.841	0.868	0.895
$v = 0.1$	0.039	0.076	0.113	0.148	0.180	0.210	0.238	0.267	0.295	0.323	0.350	0.378	0.405	0.432	0.460	0.487	0.514	0.541	0.568	0.595	0.622	0.649	0.676	0.703	0.730	0.757	0.783	0.810	0.837	0.864	0.891
$v = 0.2$	0.069	0.099	0.129	0.157	0.186	0.214	0.241	0.269	0.296	0.323	0.351	0.378	0.405	0.432	0.459	0.486	0.513	0.539	0.566	0.593	0.620	0.647	0.674	0.700	0.727	0.754	0.781	0.808	0.834	0.861	0.888
$v = 0.3$	0.088	0.113	0.139	0.165	0.192	0.219	0.245	0.272	0.299	0.325	0.352	0.379	0.405	0.432	0.459	0.485	0.512	0.539	0.565	0.592	0.619	0.645	0.672	0.699	0.725	0.752	0.779	0.805	0.832	0.859	0.885
$v = 0.4$	0.096	0.118	0.143	0.168	0.193	0.219	0.245	0.272	0.298	0.324	0.351	0.377	0.404	0.430	0.457	0.483	0.510	0.536	0.563	0.590	0.616	0.643	0.669	0.696	0.722	0.749	0.776	0.802	0.829	0.856	0.882
$v = 0.5$	0.091	0.112	0.134	0.157	0.181	0.206	0.232	0.258	0.285	0.312	0.339	0.367	0.394	0.422	0.450	0.477	0.505	0.533	0.560	0.586	0.613	0.639	0.666	0.692	0.719	0.746	0.772	0.799	0.825	0.852	0.879
$v = 0.6$	0.074	0.098	0.121	0.143	0.166	0.190	0.214	0.240	0.265	0.291	0.318	0.345	0.371	0.399	0.426	0.453	0.481	0.508	0.536	0.564	0.591	0.619	0.647	0.675	0.703	0.731	0.758	0.786	0.814	0.842	0.870
$v = 0.7$	0.047	0.076	0.102	0.126	0.149	0.173	0.196	0.221	0.246	0.271	0.297	0.323	0.349	0.376	0.403	0.430	0.457	0.484	0.511	0.539	0.566	0.594	0.621	0.649	0.677	0.704	0.732	0.760	0.787	0.815	0.843
$v = 0.8$	0.015	0.046	0.076	0.103	0.129	0.153	0.177	0.202	0.226	0.251	0.276	0.302	0.327	0.354	0.380	0.407	0.433	0.460	0.487	0.514	0.542	0.569	0.596	0.624	0.651	0.678	0.706	0.733	0.761	0.789	0.816
$v = 0.9$		0.014	0.045	0.076	0.104	0.131	0.156	0.181	0.206	0.230	0.255	0.281	0.306	0.331	0.357	0.384	0.410	0.437	0.463	0.490	0.517	0.544	0.571	0.598	0.625	0.653	0.680	0.707	0.735	0.763	0.790
$v = 1.0$			0.014	0.043	0.074	0.105	0.132	0.158	0.184	0.209	0.234	0.259	0.284	0.310	0.335	0.361	0.387	0.413	0.440	0.466	0.493	0.520	0.547	0.573	0.600	0.628	0.655	0.682	0.709	0.737	0.764
$v = 1.1$				0.013	0.042	0.073	0.104	0.133	0.160	0.186	0.211	0.237	0.262	0.287	0.313	0.338	0.364	0.390	0.417	0.443	0.469	0.496	0.522	0.549	0.576	0.603	0.629	0.656	0.683	0.711	0.738
$v = 1.2$					0.013	0.041	0.072	0.103	0.133	0.161	0.187	0.213	0.239	0.265	0.290	0.316	0.342	0.367	0.393	0.419	0.445	0.472	0.498	0.525	0.551	0.578	0.604	0.631	0.658	0.685	0.712
$v = 1.3$						0.012	0.041	0.071	0.101	0.133	0.161	0.189	0.215	0.241	0.267	0.293	0.319	0.344	0.370	0.396	0.422	0.448	0.474	0.501	0.527	0.553	0.580	0.607	0.633	0.660	0.687
$v = 1.4$							0.011	0.040	0.070	0.101	0.132	0.162	0.190	0.216	0.243	0.269	0.295	0.321	0.347	0.373	0.398	0.424	0.450	0.477	0.503	0.529	0.555	0.582	0.609	0.635	0.662
$v = 1.5$								0.011	0.040	0.069	0.100	0.131	0.162	0.191	0.218	0.245	0.271	0.297	0.323	0.349	0.374	0.401	0.427	0.452	0.479	0.505	0.531	0.557	0.584	0.611	0.637
$v = 1.6$									0.010	0.039	0.069	0.098	0.130	0.161	0.191	0.218	0.246	0.272	0.298	0.325	0.351	0.377	0.403	0.429	0.455	0.481	0.507	0.533	0.559	0.586	0.612
$v = 1.7$										0.010	0.038	0.068	0.098	0.128	0.160	0.191	0.219	0.247	0.274	0.300	0.326	0.353	0.378	0.405	0.431	0.457	0.483	0.509	0.535	0.561	0.588
$v = 1.8$											0.010	0.038	0.068	0.097	0.128	0.158	0.190	0.221	0.248	0.275	0.302	0.328	0.355	0.381	0.407	0.433	0.459	0.485	0.511	0.537	0.563
$v = 1.9$												0.010	0.038	0.067	0.097	0.127	0.158	0.189	0.220	0.249	0.276	0.302	0.330	0.355	0.382	0.409	0.434	0.461	0.487	0.513	0.539
$v = 2.0$													0.009	0.037	0.066	0.096	0.126	0.157	0.188	0.220	0.249	0.277	0.304	0.331	0.357	0.384	0.410	0.436	0.462	0.488	0.514
$v = 2.1$														0.005	0.037	0.066	0.096	0.125	0.156	0.187	0.218	0.248	0.275	0.303	0.332	0.359	0.385	0.412	0.438	0.463	0.489
$v = 2.2$															0.001	0.036	0.065	0.095	0.124	0.155	0.186	0.218	0.249	0.278	0.306	0.333	0.360	0.386	0.413	0.439	0.464
$v = 2.3$																0.037	0.064	0.094	0.124	0.154	0.185	0.216	0.248	0.280	0.307	0.334	0.360	0.388	0.414	0.439	
$v = 2.4$																	0.036	0.065	0.094	0.124	0.154	0.185	0.216	0.247	0.278	0.307	0.335	0.361	0.388	0.414	
$v = 2.5$																		0.036	0.064	0.094	0.123	0.154	0.184	0.215	0.246	0.278	0.309	0.335	0.363	0.389	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,10$ e $\lambda = 60$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

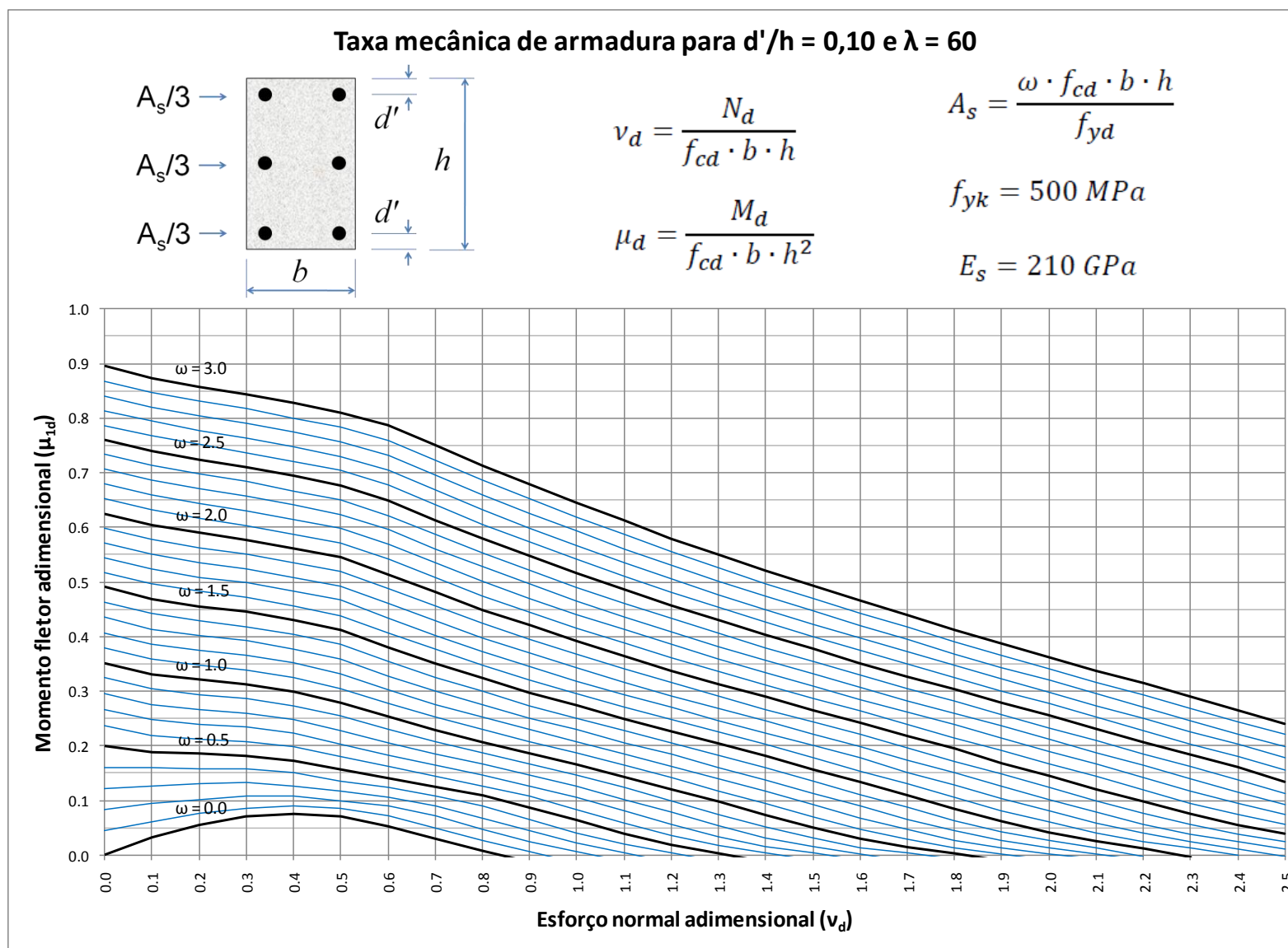
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

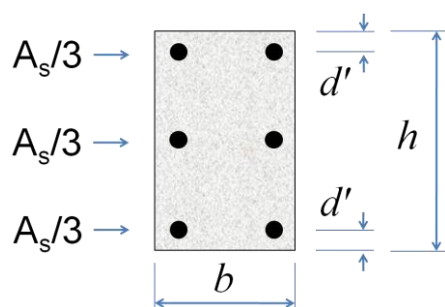
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.044	0.084	0.122	0.161	0.200	0.236	0.267	0.296	0.324	0.352	0.380	0.407	0.435	0.462	0.490	0.517	0.544	0.571	0.598	0.625	0.652	0.679	0.706	0.733	0.760	0.787	0.814	0.841	0.868	0.895
$v = 0.1$	0.033	0.060	0.094	0.127	0.159	0.189	0.218	0.247	0.275	0.304	0.331	0.359	0.387	0.414	0.442	0.469	0.496	0.523	0.551	0.578	0.605	0.632	0.659	0.686	0.713	0.740	0.767	0.794	0.820	0.848	0.874
$v = 0.2$	0.055	0.076	0.102	0.130	0.157	0.185	0.212	0.239	0.266	0.294	0.321	0.348	0.375	0.402	0.429	0.456	0.482	0.509	0.536	0.563	0.590	0.617	0.643	0.670	0.697	0.724	0.751	0.778	0.804	0.831	0.858
$v = 0.3$	0.070	0.086	0.108	0.132	0.157	0.182	0.208	0.234	0.260	0.287	0.313	0.339	0.365	0.392	0.418	0.445	0.471	0.498	0.524	0.551	0.577	0.604	0.631	0.657	0.684	0.710	0.737	0.764	0.790	0.817	0.843
$v = 0.4$	0.075	0.089	0.107	0.127	0.150	0.173	0.198	0.223	0.248	0.274	0.300	0.325	0.351	0.378	0.404	0.430	0.456	0.483	0.509	0.535	0.562	0.588	0.615	0.641	0.667	0.694	0.720	0.747	0.774	0.800	0.827
$v = 0.5$	0.070	0.085	0.100	0.117	0.136	0.157	0.180	0.204	0.228	0.254	0.279	0.305	0.332	0.358	0.385	0.412	0.439	0.467	0.493	0.519	0.545	0.572	0.598	0.624	0.651	0.677	0.704	0.730	0.757	0.783	0.809
$v = 0.6$	0.053	0.072	0.089	0.106	0.123	0.141	0.162	0.183	0.205	0.229	0.253	0.278	0.303	0.328	0.354	0.380	0.407	0.434	0.460	0.487	0.514	0.541	0.568	0.595	0.622	0.650	0.677	0.704	0.732	0.759	0.787
$v = 0.7$	0.029	0.050	0.071	0.090	0.108	0.126	0.145	0.164	0.185	0.207	0.229	0.253	0.276	0.301	0.326	0.351	0.377	0.402	0.428	0.455	0.481	0.508	0.534	0.560	0.587	0.614	0.641	0.668	0.695	0.723	0.750
$v = 0.8$	0.008	0.026	0.048	0.068	0.089	0.108	0.127	0.146	0.166	0.186	0.207	0.229	0.252	0.275	0.299	0.323	0.348	0.373	0.398	0.424	0.449	0.475	0.501	0.528	0.554	0.580	0.606	0.633	0.660	0.686	0.713
$v = 0.9$		0.006	0.024	0.045	0.066	0.086	0.107	0.127	0.146	0.166	0.186	0.208	0.229	0.251	0.274	0.297	0.321	0.345	0.370	0.394	0.420	0.445	0.470	0.496	0.521	0.548	0.573	0.599	0.625	0.652	0.679
$v = 1.0$			0.006	0.022	0.041	0.063	0.084	0.105	0.126	0.146	0.166	0.186	0.207	0.229	0.251	0.273	0.296	0.319	0.343	0.367	0.391	0.416	0.441	0.465	0.491	0.516	0.541	0.567	0.593	0.619	0.645
$v = 1.1$				0.004	0.020	0.039	0.059	0.081	0.102	0.123	0.144	0.165	0.185	0.206	0.228	0.249	0.271	0.294	0.317	0.341	0.364	0.388	0.412	0.436	0.461	0.486	0.511	0.536	0.561	0.587	0.612
$v = 1.2$					0.004	0.018	0.036	0.056	0.078	0.100	0.121	0.142	0.163	0.184	0.205	0.226	0.248	0.270	0.292	0.315	0.338	0.361	0.385	0.409	0.433	0.457	0.481	0.506	0.531	0.556	0.580
$v = 1.3$						0.003	0.017	0.034	0.054	0.075	0.097	0.118	0.140	0.161	0.183	0.204	0.225	0.246	0.269	0.291	0.313	0.336	0.359	0.382	0.406	0.429	0.453	0.477	0.501	0.526	0.550
$v = 1.4$							0.004	0.015	0.032	0.051	0.073	0.095	0.116	0.138	0.160	0.181	0.202	0.223	0.245	0.267	0.289	0.311	0.334	0.356	0.380	0.403	0.426	0.450	0.473	0.497	0.521
$v = 1.5$								0.003	0.015	0.031	0.050	0.070	0.092	0.113	0.135	0.157	0.179	0.200	0.222	0.243	0.265	0.287	0.309	0.332	0.354	0.377	0.400	0.422	0.446	0.470	0.493
$v = 1.6$									0.002	0.014	0.030	0.047	0.067	0.090	0.111	0.133	0.154	0.177	0.198	0.220	0.242	0.263	0.285	0.307	0.330	0.351	0.374	0.397	0.419	0.443	0.466
$v = 1.7$										0.003	0.014	0.028	0.046	0.065	0.087	0.109	0.131	0.152	0.174	0.196	0.218	0.240	0.261	0.283	0.305	0.327	0.349	0.372	0.394	0.417	0.439
$v = 1.8$											0.002	0.013	0.027	0.044	0.063	0.085	0.106	0.129	0.150	0.172	0.194	0.215	0.238	0.259	0.281	0.303	0.325	0.347	0.368	0.391	0.413
$v = 1.9$												0.002	0.012	0.027	0.043	0.062	0.082	0.104	0.126	0.148	0.169	0.191	0.214	0.236	0.258	0.278	0.300	0.322	0.344	0.366	0.388
$v = 2.0$													0.002	0.012	0.026	0.042	0.060	0.080	0.101	0.124	0.146	0.167	0.189	0.211	0.233	0.255	0.277	0.298	0.320	0.341	0.363
$v = 2.1$														0.001	0.012	0.025	0.041	0.059	0.079	0.100	0.121	0.144	0.166	0.187	0.209	0.231	0.252	0.274	0.295	0.317	0.338
$v = 2.2$																0.011	0.024	0.040	0.057	0.077	0.097	0.119	0.142	0.164	0.185	0.207	0.228	0.250	0.271	0.293	0.314
$v = 2.3$																	0.012	0.024	0.039	0.056	0.076	0.095	0.116	0.139	0.162	0.183	0.204	0.225	0.246	0.268	0.290
$v = 2.4$																		0.011	0.024	0.038	0.055	0.074	0.094	0.115	0.137	0.160	0.181	0.202	0.222	0.244	0.265
$v = 2.5$																			0.011	0.024	0.038	0.055	0.074	0.093	0.113	0.135	0.156	0.179	0.199	0.220	0.240



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,10$ e $\lambda = 90$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

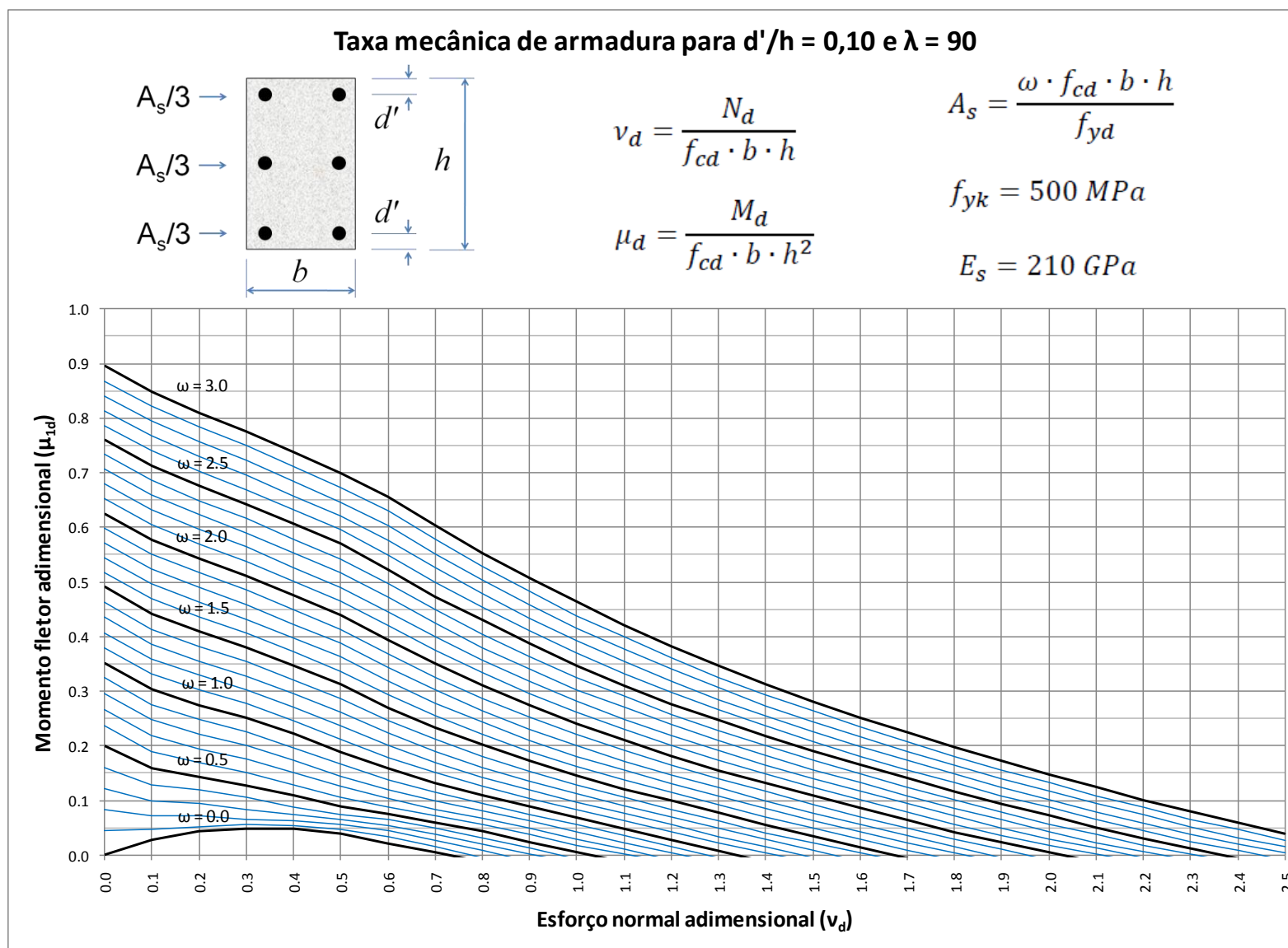
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

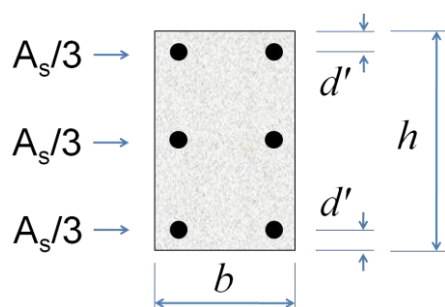
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega=0.0$	$\omega=0.1$	$\omega=0.2$	$\omega=0.3$	$\omega=0.4$	$\omega=0.5$	$\omega=0.6$	$\omega=0.7$	$\omega=0.8$	$\omega=0.9$	$\omega=1.0$	$\omega=1.1$	$\omega=1.2$	$\omega=1.3$	$\omega=1.4$	$\omega=1.5$	$\omega=1.6$	$\omega=1.7$	$\omega=1.8$	$\omega=1.9$	$\omega=2.0$	$\omega=2.1$	$\omega=2.2$	$\omega=2.3$	$\omega=2.4$	$\omega=2.5$	$\omega=2.6$	$\omega=2.7$	$\omega=2.8$	$\omega=2.9$	$\omega=3.0$
$v=0.0$	0.000	0.044	0.084	0.122	0.161	0.200	0.236	0.267	0.296	0.324	0.352	0.380	0.407	0.435	0.462	0.490	0.517	0.544	0.571	0.598	0.625	0.652	0.679	0.706	0.733	0.760	0.787	0.814	0.841	0.868	0.895
$v=0.1$	0.028	0.046	0.072	0.100	0.129	0.159	0.189	0.218	0.247	0.275	0.303	0.331	0.359	0.386	0.414	0.441	0.469	0.496	0.523	0.550	0.577	0.605	0.632	0.659	0.686	0.713	0.740	0.767	0.794	0.821	0.848
$v=0.2$	0.043	0.051	0.071	0.094	0.119	0.144	0.169	0.195	0.222	0.248	0.275	0.302	0.329	0.355	0.382	0.409	0.435	0.462	0.489	0.516	0.542	0.569	0.596	0.623	0.649	0.676	0.703	0.730	0.756	0.783	0.810
$v=0.3$	0.049	0.055	0.066	0.084	0.105	0.128	0.152	0.176	0.201	0.226	0.252	0.277	0.303	0.328	0.354	0.380	0.406	0.432	0.459	0.485	0.511	0.537	0.564	0.590	0.616	0.643	0.669	0.696	0.722	0.749	0.775
$v=0.4$	0.047	0.054	0.062	0.073	0.088	0.108	0.129	0.151	0.174	0.197	0.221	0.246	0.271	0.296	0.321	0.346	0.372	0.398	0.423	0.449	0.475	0.501	0.527	0.553	0.579	0.606	0.632	0.658	0.684	0.711	0.737
$v=0.5$	0.039	0.047	0.056	0.065	0.075	0.089	0.106	0.125	0.145	0.167	0.189	0.213	0.237	0.261	0.286	0.312	0.337	0.363	0.389	0.414	0.439	0.465	0.491	0.517	0.543	0.569	0.595	0.620	0.646	0.673	0.699
$v=0.6$	0.022	0.034	0.044	0.054	0.064	0.075	0.088	0.103	0.120	0.138	0.158	0.179	0.201	0.223	0.246	0.270	0.294	0.319	0.343	0.369	0.394	0.419	0.445	0.471	0.497	0.523	0.549	0.576	0.602	0.629	0.655
$v=0.7$	0.005	0.015	0.027	0.039	0.049	0.060	0.072	0.084	0.099	0.115	0.132	0.150	0.170	0.190	0.211	0.233	0.256	0.278	0.302	0.326	0.350	0.374	0.399	0.424	0.449	0.474	0.499	0.525	0.551	0.577	0.603
$v=0.8$			0.008	0.019	0.032	0.044	0.055	0.067	0.080	0.094	0.109	0.125	0.143	0.161	0.180	0.201	0.221	0.243	0.265	0.287	0.310	0.333	0.357	0.380	0.405	0.429	0.453	0.478	0.503	0.528	0.553
$v=0.9$				0.002	0.012	0.024	0.037	0.050	0.062	0.075	0.089	0.104	0.119	0.136	0.153	0.172	0.190	0.210	0.231	0.252	0.274	0.295	0.318	0.340	0.363	0.387	0.410	0.434	0.458	0.482	0.507
$v=1.0$						0.006	0.017	0.030	0.043	0.056	0.069	0.083	0.097	0.113	0.129	0.145	0.163	0.181	0.200	0.220	0.240	0.261	0.282	0.303	0.325	0.347	0.370	0.393	0.416	0.439	0.463
$v=1.1$							0.001	0.010	0.022	0.035	0.049	0.062	0.076	0.091	0.106	0.121	0.138	0.155	0.172	0.191	0.210	0.229	0.249	0.270	0.290	0.311	0.332	0.354	0.376	0.399	0.421
$v=1.2$									0.004	0.015	0.028	0.042	0.056	0.070	0.084	0.099	0.114	0.130	0.146	0.164	0.182	0.200	0.219	0.238	0.258	0.277	0.298	0.319	0.340	0.361	0.383
$v=1.3$											0.008	0.021	0.034	0.049	0.062	0.077	0.092	0.107	0.123	0.139	0.155	0.173	0.191	0.209	0.228	0.246	0.266	0.285	0.306	0.326	0.347
$v=1.4$												0.004	0.015	0.028	0.041	0.055	0.070	0.085	0.100	0.116	0.131	0.148	0.165	0.182	0.200	0.217	0.236	0.254	0.274	0.293	0.313
$v=1.5$														0.008	0.021	0.035	0.049	0.063	0.077	0.092	0.108	0.124	0.140	0.156	0.173	0.191	0.208	0.226	0.244	0.263	0.281
$v=1.6$															0.003	0.014	0.028	0.042	0.056	0.070	0.086	0.101	0.116	0.132	0.148	0.165	0.181	0.198	0.216	0.234	0.251
$v=1.7$																	0.009	0.021	0.035	0.049	0.064	0.078	0.094	0.109	0.124	0.140	0.156	0.173	0.189	0.207	0.224
$v=1.8$																		0.004	0.015	0.029	0.042	0.057	0.071	0.086	0.101	0.117	0.132	0.148	0.164	0.180	0.197
$v=1.9$																				0.010	0.023	0.036	0.049	0.065	0.079	0.094	0.108	0.124	0.140	0.156	0.172
$v=2.0$																					0.005	0.017	0.030	0.043	0.057	0.072	0.087	0.101	0.116	0.132	0.147
$v=2.1$																						0.001	0.012	0.023	0.037	0.050	0.065	0.079	0.095	0.109	0.124
$v=2.2$																								0.007	0.018	0.031	0.044	0.058	0.073	0.087	0.101
$v=2.3$																									0.002	0.013	0.025	0.038	0.051	0.066	0.079
$v=2.4$																										0.008	0.019	0.032	0.046	0.059	
$v=2.5$																											0.004	0.015	0.026	0.039	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,15$ e $\lambda = 0$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

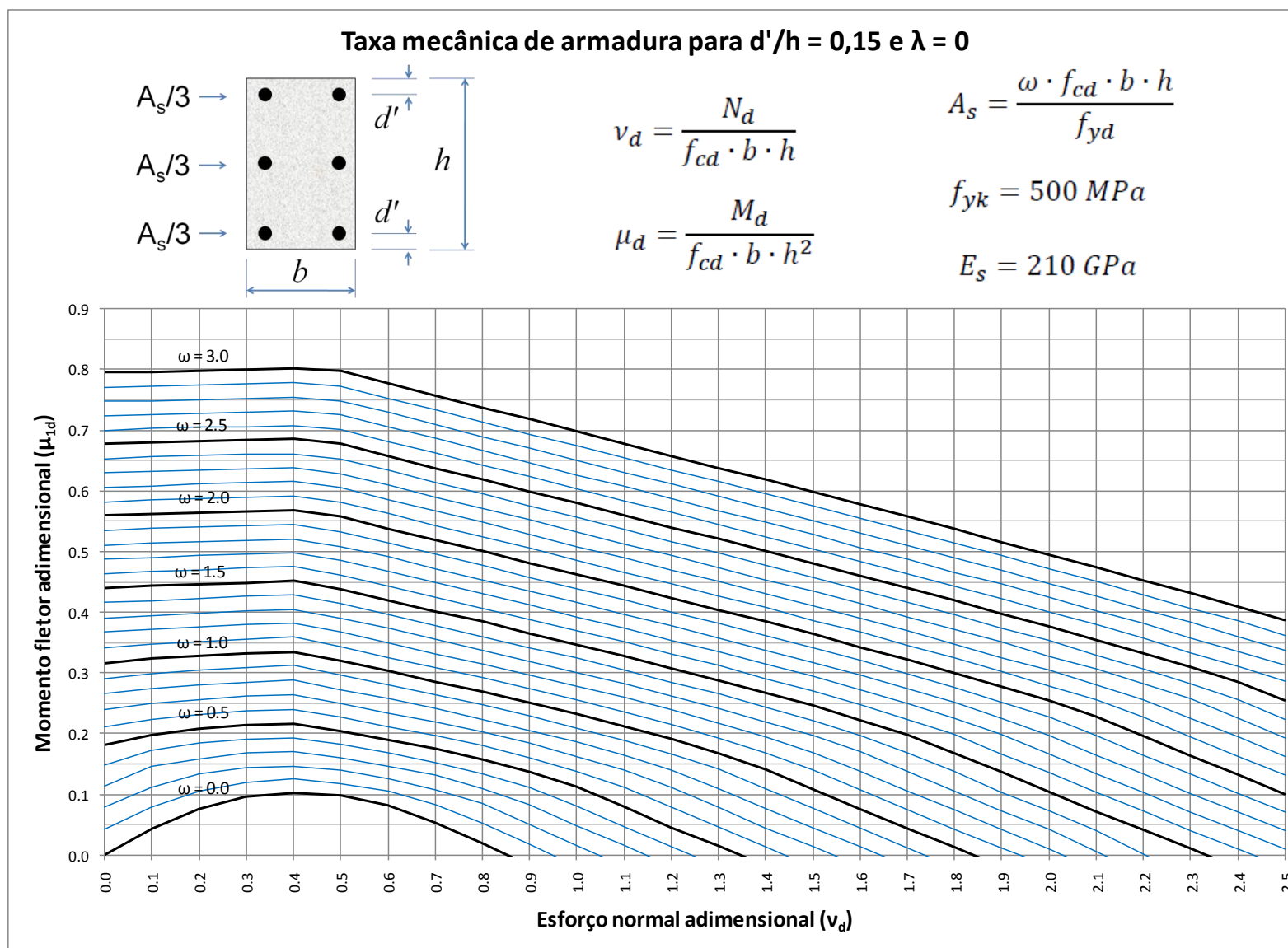
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

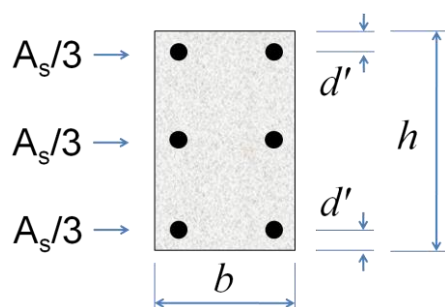
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega=0.0$	$\omega=0.1$	$\omega=0.2$	$\omega=0.3$	$\omega=0.4$	$\omega=0.5$	$\omega=0.6$	$\omega=0.7$	$\omega=0.8$	$\omega=0.9$	$\omega=1.0$	$\omega=1.1$	$\omega=1.2$	$\omega=1.3$	$\omega=1.4$	$\omega=1.5$	$\omega=1.6$	$\omega=1.7$	$\omega=1.8$	$\omega=1.9$	$\omega=2.0$	$\omega=2.1$	$\omega=2.2$	$\omega=2.3$	$\omega=2.4$	$\omega=2.5$	$\omega=2.6$	$\omega=2.7$	$\omega=2.8$	$\omega=2.9$	$\omega=3.0$
$\mathbf{v=0.0}$	0.000	0.042	0.079	0.114	0.148	0.181	0.212	0.239	0.265	0.290	0.316	0.341	0.367	0.391	0.416	0.440	0.463	0.487	0.511	0.535	0.559	0.582	0.606	0.630	0.653	0.677	0.700	0.724	0.747	0.771	0.795
$\mathbf{v=0.1}$	0.044	0.079	0.112	0.145	0.172	0.198	0.224	0.250	0.275	0.299	0.323	0.348	0.371	0.395	0.419	0.443	0.467	0.490	0.514	0.538	0.561	0.585	0.608	0.632	0.656	0.679	0.703	0.726	0.749	0.773	0.796
$\mathbf{v=0.2}$	0.076	0.106	0.133	0.159	0.184	0.208	0.232	0.256	0.280	0.304	0.328	0.352	0.375	0.399	0.423	0.446	0.470	0.493	0.517	0.540	0.564	0.587	0.611	0.634	0.658	0.681	0.705	0.728	0.751	0.775	0.798
$\mathbf{v=0.3}$	0.096	0.120	0.144	0.168	0.191	0.215	0.238	0.262	0.285	0.309	0.332	0.356	0.379	0.402	0.426	0.449	0.473	0.496	0.519	0.543	0.566	0.589	0.613	0.636	0.660	0.683	0.706	0.730	0.753	0.777	0.800
$\mathbf{v=0.4}$	0.103	0.125	0.147	0.170	0.193	0.217	0.240	0.264	0.288	0.312	0.335	0.359	0.382	0.405	0.428	0.452	0.475	0.498	0.521	0.545	0.568	0.591	0.615	0.638	0.661	0.685	0.708	0.731	0.755	0.778	0.801
$\mathbf{v=0.5}$	0.099	0.118	0.139	0.160	0.182	0.204	0.227	0.250	0.273	0.296	0.319	0.343	0.367	0.390	0.414	0.438	0.462	0.485	0.509	0.533	0.557	0.581	0.605	0.629	0.653	0.677	0.701	0.725	0.749	0.773	0.797
$\mathbf{v=0.6}$	0.082	0.105	0.126	0.147	0.168	0.190	0.212	0.234	0.257	0.280	0.303	0.326	0.349	0.373	0.396	0.420	0.443	0.467	0.491	0.514	0.538	0.562	0.586	0.610	0.634	0.658	0.681	0.705	0.729	0.753	0.777
$\mathbf{v=0.7}$	0.053	0.083	0.108	0.131	0.153	0.175	0.197	0.219	0.241	0.264	0.286	0.309	0.332	0.355	0.378	0.402	0.425	0.449	0.472	0.496	0.519	0.543	0.567	0.590	0.614	0.638	0.662	0.686	0.710	0.734	0.757
$\mathbf{v=0.8}$	0.018	0.052	0.084	0.110	0.134	0.157	0.180	0.202	0.224	0.247	0.269	0.292	0.314	0.337	0.360	0.384	0.407	0.430	0.454	0.477	0.500	0.524	0.548	0.571	0.595	0.619	0.642	0.666	0.690	0.714	0.737
$\mathbf{v=0.9}$		0.017	0.050	0.083	0.111	0.137	0.161	0.184	0.206	0.229	0.251	0.274	0.297	0.319	0.342	0.365	0.388	0.412	0.435	0.458	0.481	0.505	0.528	0.552	0.576	0.599	0.623	0.646	0.670	0.694	0.718
$\mathbf{v=1.0}$			0.016	0.049	0.081	0.112	0.138	0.163	0.187	0.210	0.233	0.255	0.278	0.301	0.324	0.347	0.370	0.393	0.416	0.439	0.462	0.486	0.509	0.533	0.556	0.580	0.603	0.627	0.650	0.674	0.698
$\mathbf{v=1.1}$				0.015	0.047	0.080	0.112	0.139	0.165	0.189	0.213	0.236	0.259	0.282	0.305	0.328	0.351	0.374	0.397	0.420	0.443	0.466	0.490	0.513	0.537	0.560	0.584	0.607	0.631	0.654	0.678
$\mathbf{v=1.2}$					0.014	0.046	0.079	0.111	0.140	0.166	0.191	0.215	0.239	0.262	0.285	0.308	0.331	0.354	0.378	0.401	0.424	0.447	0.470	0.494	0.517	0.540	0.564	0.587	0.611	0.635	0.658
$\mathbf{v=1.3}$						0.014	0.046	0.078	0.110	0.141	0.168	0.193	0.217	0.241	0.265	0.288	0.312	0.335	0.358	0.381	0.404	0.427	0.451	0.474	0.497	0.521	0.544	0.568	0.591	0.615	0.638
$\mathbf{v=1.4}$							0.013	0.045	0.077	0.109	0.141	0.169	0.194	0.219	0.244	0.268	0.291	0.315	0.338	0.361	0.384	0.408	0.431	0.454	0.478	0.501	0.524	0.548	0.571	0.595	0.618
$\mathbf{v=1.5}$								0.013	0.044	0.076	0.108	0.139	0.169	0.196	0.221	0.246	0.270	0.294	0.317	0.341	0.364	0.387	0.411	0.434	0.457	0.481	0.504	0.528	0.551	0.575	0.598
$\mathbf{v=1.6}$									0.013	0.044	0.075	0.107	0.138	0.170	0.197	0.223	0.248	0.272	0.296	0.320	0.343	0.367	0.390	0.414	0.437	0.461	0.484	0.507	0.531	0.554	0.578
$\mathbf{v=1.7}$										0.012	0.043	0.074	0.106	0.137	0.169	0.198	0.224	0.249	0.274	0.298	0.322	0.346	0.370	0.393	0.417	0.440	0.464	0.487	0.510	0.534	0.557
$\mathbf{v=1.8}$											0.012	0.043	0.074	0.105	0.137	0.168	0.199	0.225	0.251	0.276	0.300	0.324	0.348	0.372	0.396	0.419	0.443	0.466	0.490	0.514	0.537
$\mathbf{v=1.9}$												0.012	0.042	0.073	0.104	0.136	0.167	0.198	0.226	0.252	0.277	0.302	0.326	0.351	0.374	0.398	0.422	0.446	0.469	0.493	0.516
$\mathbf{v=2.0}$													0.009	0.042	0.073	0.104	0.135	0.166	0.197	0.227	0.254	0.279	0.304	0.328	0.353	0.377	0.401	0.424	0.448	0.472	0.495
$\mathbf{v=2.1}$														0.006	0.041	0.072	0.103	0.134	0.165	0.196	0.228	0.255	0.280	0.306	0.330	0.355	0.379	0.403	0.427	0.451	0.474
$\mathbf{v=2.2}$															0.002	0.041	0.072	0.103	0.134	0.165	0.196	0.227	0.256	0.282	0.307	0.332	0.357	0.381	0.405	0.429	0.453
$\mathbf{v=2.3}$																	0.041	0.071	0.102	0.133	0.164	0.195	0.226	0.257	0.283	0.309	0.334	0.358	0.383	0.407	0.431
$\mathbf{v=2.4}$																		0.040	0.071	0.101	0.132	0.163	0.194	0.225	0.256	0.285	0.310	0.335	0.360	0.385	0.409
$\mathbf{v=2.5}$																			0.040	0.070	0.101	0.132	0.163	0.193	0.224	0.255	0.286	0.312	0.337	0.362	0.387



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,15$ e $\lambda = 30$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

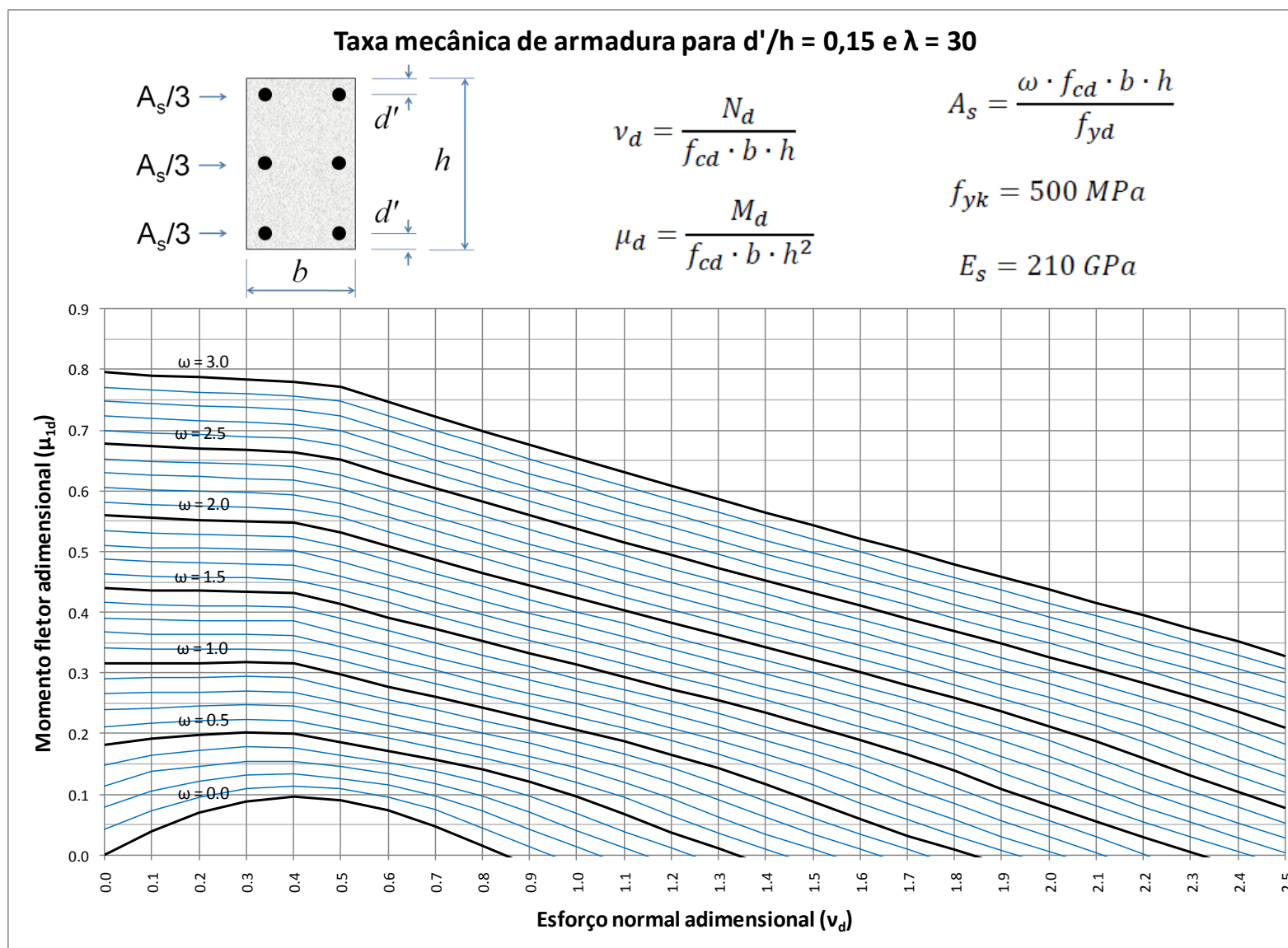
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

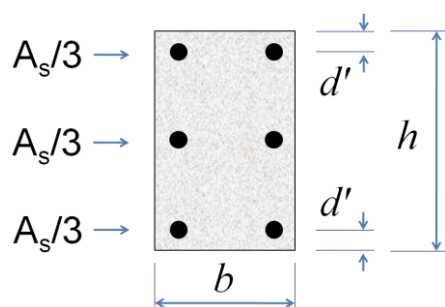
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.042	0.079	0.114	0.148	0.181	0.212	0.239	0.265	0.290	0.316	0.341	0.367	0.391	0.416	0.440	0.463	0.487	0.511	0.535	0.559	0.582	0.606	0.630	0.653	0.677	0.700	0.724	0.747	0.771	0.795
$v = 0.1$	0.039	0.073	0.105	0.137	0.164	0.191	0.217	0.242	0.268	0.292	0.316	0.340	0.364	0.388	0.412	0.436	0.460	0.484	0.507	0.531	0.555	0.578	0.602	0.625	0.649	0.673	0.696	0.720	0.743	0.767	0.790
$v = 0.2$	0.069	0.096	0.122	0.147	0.172	0.197	0.221	0.245	0.269	0.293	0.316	0.340	0.364	0.387	0.411	0.435	0.458	0.482	0.505	0.529	0.552	0.576	0.599	0.623	0.646	0.669	0.693	0.716	0.740	0.763	0.787
$v = 0.3$	0.088	0.109	0.132	0.154	0.178	0.201	0.224	0.247	0.271	0.294	0.317	0.340	0.364	0.387	0.410	0.434	0.457	0.480	0.504	0.527	0.550	0.574	0.597	0.620	0.644	0.667	0.690	0.714	0.737	0.760	0.784
$v = 0.4$	0.096	0.114	0.133	0.154	0.176	0.199	0.222	0.245	0.269	0.292	0.315	0.338	0.361	0.385	0.408	0.431	0.454	0.477	0.501	0.524	0.547	0.570	0.594	0.617	0.640	0.663	0.687	0.710	0.733	0.757	0.780
$v = 0.5$	0.091	0.109	0.126	0.145	0.165	0.185	0.207	0.229	0.251	0.274	0.297	0.320	0.343	0.366	0.390	0.413	0.437	0.460	0.484	0.508	0.532	0.556	0.579	0.603	0.627	0.651	0.675	0.699	0.723	0.747	0.771
$v = 0.6$	0.074	0.096	0.115	0.133	0.152	0.172	0.192	0.213	0.234	0.256	0.278	0.301	0.323	0.346	0.369	0.392	0.416	0.439	0.462	0.486	0.509	0.533	0.556	0.580	0.604	0.628	0.651	0.675	0.699	0.723	0.746
$v = 0.7$	0.047	0.074	0.097	0.118	0.138	0.157	0.177	0.197	0.218	0.239	0.260	0.282	0.304	0.326	0.349	0.372	0.395	0.417	0.441	0.464	0.487	0.510	0.534	0.557	0.581	0.604	0.628	0.651	0.675	0.699	0.723
$v = 0.8$	0.015	0.044	0.073	0.097	0.120	0.140	0.161	0.181	0.201	0.222	0.243	0.264	0.285	0.307	0.329	0.352	0.374	0.397	0.419	0.443	0.465	0.489	0.512	0.535	0.558	0.582	0.605	0.628	0.652	0.676	0.699
$v = 0.9$		0.014	0.042	0.071	0.097	0.120	0.142	0.163	0.184	0.204	0.225	0.246	0.267	0.289	0.310	0.332	0.354	0.376	0.399	0.421	0.444	0.467	0.490	0.513	0.536	0.559	0.583	0.606	0.629	0.653	0.676
$v = 1.0$			0.013	0.040	0.069	0.096	0.120	0.143	0.165	0.186	0.207	0.228	0.249	0.270	0.291	0.313	0.335	0.357	0.379	0.401	0.423	0.446	0.469	0.491	0.514	0.537	0.560	0.583	0.607	0.630	0.653
$v = 1.1$				0.012	0.039	0.067	0.095	0.120	0.143	0.166	0.187	0.209	0.229	0.251	0.272	0.293	0.315	0.337	0.359	0.381	0.403	0.425	0.447	0.470	0.493	0.516	0.539	0.561	0.584	0.607	0.631
$v = 1.2$					0.011	0.037	0.065	0.093	0.119	0.143	0.166	0.188	0.209	0.231	0.253	0.274	0.295	0.317	0.339	0.360	0.382	0.405	0.427	0.449	0.472	0.494	0.517	0.540	0.562	0.585	0.608
$v = 1.3$						0.010	0.036	0.063	0.091	0.118	0.142	0.166	0.189	0.211	0.233	0.254	0.276	0.297	0.319	0.340	0.362	0.384	0.406	0.429	0.451	0.473	0.495	0.518	0.541	0.564	0.587
$v = 1.4$							0.010	0.035	0.062	0.089	0.117	0.142	0.166	0.189	0.211	0.234	0.256	0.277	0.298	0.320	0.342	0.363	0.386	0.408	0.430	0.452	0.474	0.496	0.519	0.542	0.564
$v = 1.5$								0.009	0.034	0.060	0.088	0.115	0.142	0.166	0.189	0.212	0.234	0.257	0.278	0.300	0.322	0.344	0.365	0.387	0.409	0.431	0.453	0.476	0.498	0.521	0.543
$v = 1.6$									0.009	0.034	0.059	0.086	0.114	0.142	0.166	0.190	0.212	0.235	0.257	0.279	0.301	0.323	0.345	0.367	0.388	0.411	0.432	0.455	0.477	0.499	0.522
$v = 1.7$										0.009	0.032	0.058	0.085	0.112	0.139	0.166	0.190	0.213	0.236	0.258	0.280	0.302	0.324	0.346	0.368	0.389	0.412	0.434	0.456	0.478	0.500
$v = 1.8$											0.008	0.032	0.058	0.084	0.111	0.138	0.166	0.189	0.212	0.236	0.258	0.281	0.302	0.325	0.347	0.369	0.391	0.413	0.435	0.457	0.479
$v = 1.9$												0.008	0.031	0.056	0.083	0.109	0.136	0.163	0.189	0.213	0.236	0.258	0.281	0.304	0.326	0.348	0.370	0.392	0.414	0.436	0.458
$v = 2.0$													0.006	0.031	0.056	0.081	0.108	0.135	0.162	0.189	0.213	0.236	0.259	0.282	0.304	0.327	0.349	0.371	0.393	0.415	0.437
$v = 2.1$														0.003	0.030	0.055	0.081	0.107	0.133	0.161	0.188	0.213	0.236	0.259	0.283	0.305	0.328	0.350	0.372	0.394	0.416
$v = 2.2$															0.001	0.030	0.054	0.079	0.106	0.132	0.160	0.187	0.213	0.237	0.260	0.283	0.306	0.328	0.350	0.373	0.395
$v = 2.3$																	0.030	0.054	0.079	0.105	0.131	0.158	0.185	0.213	0.237	0.260	0.283	0.306	0.329	0.351	0.373
$v = 2.4$																		0.029	0.053	0.078	0.104	0.130	0.157	0.184	0.211	0.236	0.260	0.283	0.306	0.329	0.352
$v = 2.5$																			0.029	0.053	0.078	0.104	0.130	0.156	0.183	0.210	0.238	0.260	0.284	0.306	0.329



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,15$ e $\lambda = 60$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

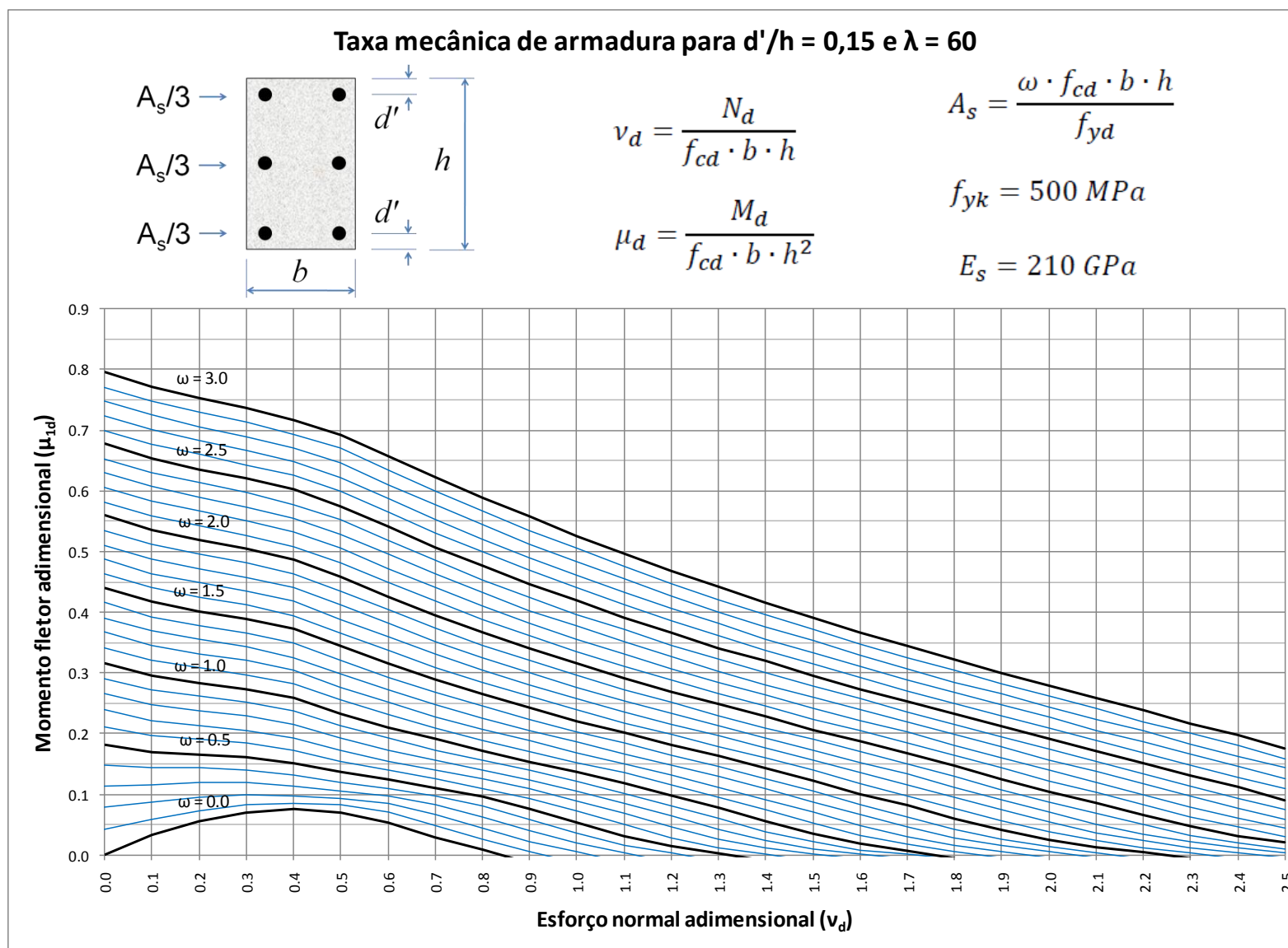
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

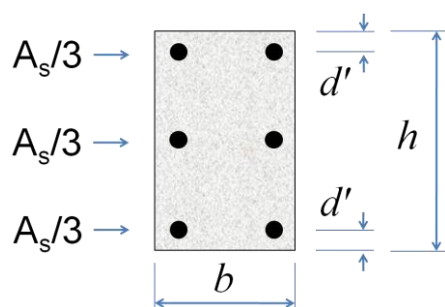
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$	
$\mathbf{v} = 0.0$	0.000	0.042	0.079	0.114	0.148	0.181	0.212	0.239	0.265	0.290	0.316	0.341	0.367	0.391	0.416	0.440	0.463	0.487	0.511	0.535	0.559	0.582	0.606	0.630	0.653	0.677	0.700	0.724	0.747	0.771	0.795	
$\mathbf{v} = 0.1$	0.033	0.058	0.087	0.116	0.144	0.170	0.196	0.222	0.247	0.272	0.296	0.320	0.345	0.369	0.393	0.417	0.441	0.464	0.488	0.512	0.536	0.559	0.583	0.607	0.630	0.654	0.677	0.701	0.725	0.748	0.772	0.795
$\mathbf{v} = 0.2$	0.055	0.073	0.096	0.119	0.143	0.166	0.190	0.214	0.237	0.261	0.284	0.308	0.331	0.355	0.378	0.402	0.425	0.449	0.472	0.496	0.519	0.542	0.566	0.589	0.613	0.636	0.660	0.683	0.706	0.730	0.753	
$\mathbf{v} = 0.3$	0.070	0.082	0.099	0.119	0.140	0.162	0.184	0.206	0.229	0.251	0.274	0.297	0.320	0.343	0.366	0.389	0.412	0.435	0.458	0.481	0.504	0.527	0.551	0.574	0.597	0.620	0.643	0.666	0.690	0.713	0.736	
$\mathbf{v} = 0.4$	0.075	0.086	0.098	0.114	0.132	0.151	0.172	0.193	0.215	0.237	0.259	0.282	0.304	0.326	0.349	0.372	0.395	0.418	0.440	0.463	0.486	0.509	0.532	0.555	0.578	0.602	0.625	0.648	0.671	0.694	0.717	
$\mathbf{v} = 0.5$	0.070	0.082	0.094	0.106	0.120	0.136	0.154	0.173	0.192	0.213	0.233	0.255	0.277	0.299	0.321	0.344	0.366	0.389	0.412	0.435	0.458	0.482	0.505	0.528	0.552	0.575	0.599	0.622	0.646	0.670	0.693	
$\mathbf{v} = 0.6$	0.053	0.070	0.084	0.097	0.110	0.124	0.139	0.155	0.173	0.192	0.211	0.231	0.251	0.272	0.293	0.315	0.337	0.359	0.381	0.404	0.426	0.449	0.472	0.495	0.518	0.541	0.564	0.587	0.610	0.634	0.657	
$\mathbf{v} = 0.7$	0.029	0.049	0.067	0.083	0.097	0.111	0.125	0.140	0.156	0.173	0.191	0.209	0.228	0.248	0.268	0.289	0.309	0.331	0.352	0.374	0.396	0.418	0.440	0.463	0.485	0.508	0.531	0.553	0.577	0.600	0.622	
$\mathbf{v} = 0.8$	0.008	0.025	0.044	0.062	0.080	0.096	0.110	0.125	0.140	0.156	0.172	0.189	0.207	0.225	0.245	0.264	0.284	0.305	0.325	0.346	0.367	0.389	0.411	0.432	0.454	0.477	0.499	0.521	0.544	0.567	0.589	
$\mathbf{v} = 0.9$		0.006	0.022	0.040	0.058	0.076	0.093	0.109	0.124	0.139	0.154	0.171	0.188	0.205	0.223	0.242	0.261	0.280	0.300	0.320	0.340	0.362	0.382	0.403	0.425	0.447	0.469	0.490	0.513	0.535	0.557	
$\mathbf{v} = 1.0$			0.005	0.019	0.036	0.054	0.072	0.089	0.106	0.122	0.137	0.153	0.169	0.186	0.203	0.221	0.239	0.257	0.276	0.296	0.316	0.336	0.356	0.377	0.397	0.419	0.440	0.461	0.483	0.505	0.526	
$\mathbf{v} = 1.1$				0.003	0.016	0.032	0.050	0.068	0.085	0.102	0.119	0.135	0.151	0.167	0.184	0.201	0.218	0.236	0.254	0.273	0.292	0.311	0.331	0.351	0.371	0.392	0.412	0.433	0.455	0.476	0.497	
$\mathbf{v} = 1.2$					0.003	0.014	0.028	0.046	0.064	0.081	0.098	0.115	0.132	0.148	0.165	0.181	0.198	0.215	0.233	0.251	0.270	0.288	0.307	0.327	0.346	0.366	0.386	0.406	0.427	0.448	0.469	
$\mathbf{v} = 1.3$						0.002	0.012	0.025	0.042	0.060	0.077	0.095	0.112	0.129	0.146	0.163	0.179	0.196	0.213	0.230	0.248	0.266	0.285	0.303	0.323	0.341	0.361	0.381	0.401	0.421	0.442	
$\mathbf{v} = 1.4$							0.001	0.011	0.023	0.039	0.056	0.074	0.091	0.109	0.125	0.143	0.160	0.176	0.193	0.210	0.228	0.245	0.263	0.281	0.300	0.319	0.338	0.356	0.376	0.396	0.416	
$\mathbf{v} = 1.5$								0.002	0.009	0.021	0.035	0.053	0.070	0.087	0.105	0.122	0.140	0.156	0.173	0.191	0.207	0.224	0.242	0.260	0.278	0.296	0.314	0.333	0.353	0.372	0.391	
$\mathbf{v} = 1.6$									0.001	0.008	0.019	0.033	0.049	0.066	0.083	0.101	0.118	0.136	0.153	0.170	0.187	0.204	0.222	0.239	0.257	0.274	0.293	0.310	0.330	0.348	0.367	
$\mathbf{v} = 1.7$										0.001	0.007	0.017	0.031	0.046	0.063	0.081	0.098	0.115	0.133	0.150	0.167	0.185	0.202	0.219	0.236	0.253	0.271	0.289	0.307	0.326	0.344	
$\mathbf{v} = 1.8$											0.006	0.016	0.029	0.043	0.059	0.077	0.095	0.112	0.129	0.147	0.164	0.181	0.198	0.215	0.233	0.250	0.268	0.285	0.304	0.322	0.340	
$\mathbf{v} = 1.9$												0.006	0.015	0.027	0.041	0.057	0.074	0.091	0.108	0.125	0.143	0.161	0.178	0.195	0.213	0.230	0.247	0.265	0.282	0.300		
$\mathbf{v} = 2.0$														0.005	0.014	0.025	0.039	0.054	0.071	0.088	0.105	0.122	0.140	0.157	0.175	0.192	0.209	0.227	0.244	0.262	0.279	
$\mathbf{v} = 2.1$															0.004	0.013	0.024	0.037	0.051	0.068	0.085	0.103	0.120	0.137	0.154	0.171	0.189	0.206	0.224	0.242	0.258	
$\mathbf{v} = 2.2$																0.004	0.012	0.023	0.035	0.050	0.066	0.083	0.100	0.117	0.133	0.151	0.168	0.186	0.204	0.220	0.238	
$\mathbf{v} = 2.3$																	0.003	0.012	0.022	0.033	0.048	0.063	0.079	0.098	0.114	0.131	0.148	0.166	0.183	0.200	0.217	
$\mathbf{v} = 2.4$																		0.004	0.011	0.020	0.032	0.046	0.061	0.077	0.094	0.112	0.128	0.145	0.162	0.180	0.197	
$\mathbf{v} = 2.5$																			0.004	0.010	0.020	0.031	0.044	0.059	0.075	0.091	0.109	0.125	0.143	0.159	0.176	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,15$ e $\lambda = 90$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

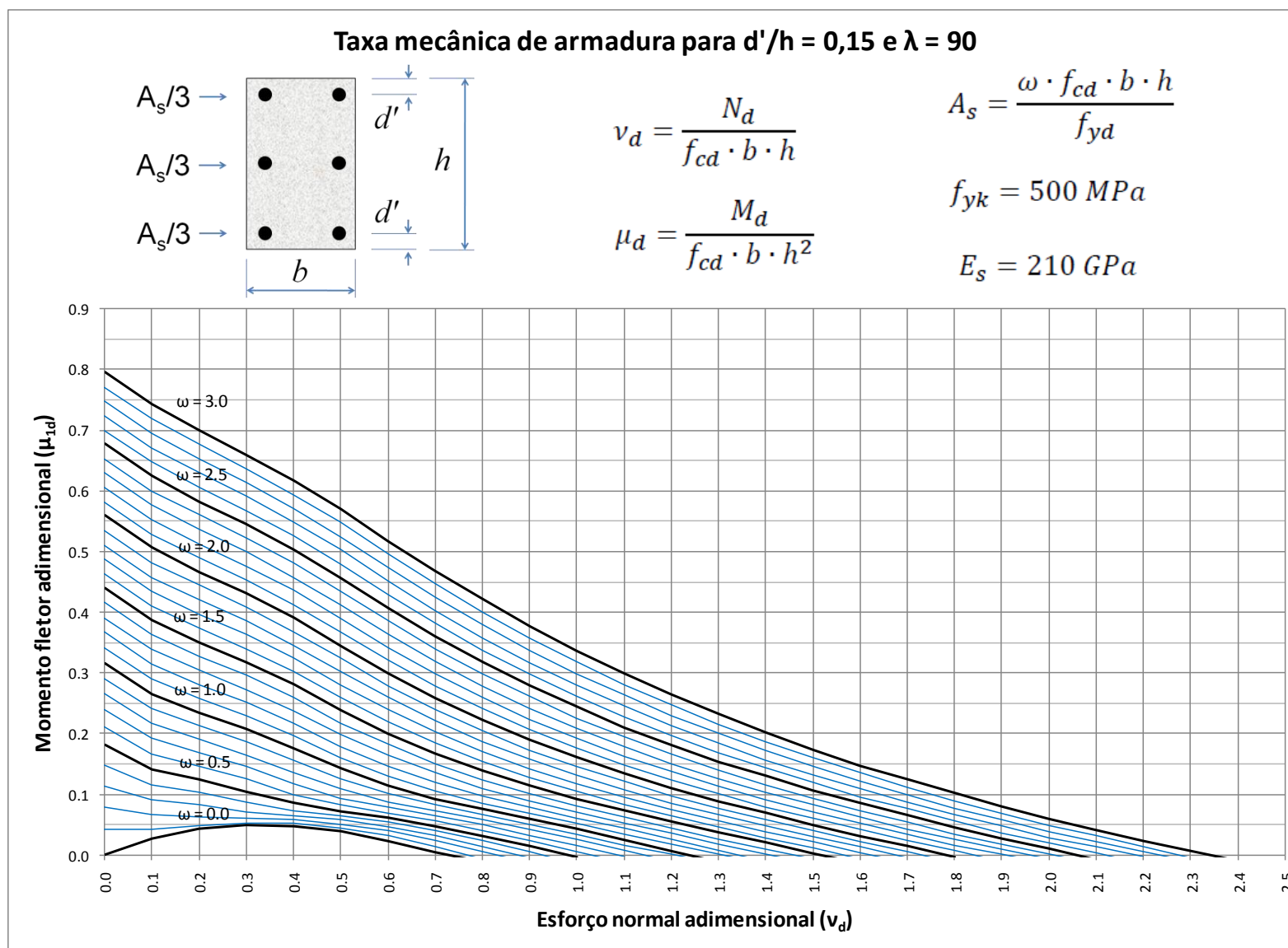
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

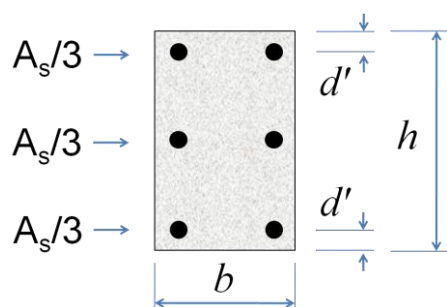
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.042	0.079	0.114	0.148	0.181	0.212	0.239	0.265	0.290	0.316	0.341	0.367	0.391	0.416	0.440	0.463	0.487	0.511	0.535	0.559	0.582	0.606	0.630	0.653	0.677	0.700	0.724	0.747	0.771	0.795
$v = 0.1$	0.028	0.043	0.067	0.091	0.116	0.141	0.167	0.192	0.217	0.241	0.266	0.290	0.314	0.339	0.363	0.387	0.411	0.434	0.458	0.482	0.506	0.529	0.553	0.577	0.600	0.624	0.648	0.671	0.695	0.719	0.742
$v = 0.2$	0.043	0.048	0.063	0.083	0.103	0.125	0.146	0.168	0.190	0.213	0.235	0.258	0.281	0.305	0.328	0.351	0.374	0.397	0.420	0.444	0.467	0.490	0.513	0.537	0.560	0.583	0.606	0.630	0.653	0.676	0.700
$v = 0.3$	0.049	0.053	0.060	0.070	0.087	0.105	0.125	0.145	0.165	0.186	0.208	0.229	0.251	0.273	0.296	0.318	0.340	0.363	0.385	0.408	0.431	0.453	0.476	0.499	0.522	0.545	0.568	0.591	0.614	0.637	0.660
$v = 0.4$	0.047	0.052	0.058	0.064	0.073	0.085	0.100	0.118	0.136	0.156	0.176	0.196	0.217	0.238	0.259	0.281	0.302	0.324	0.346	0.368	0.391	0.413	0.436	0.458	0.481	0.503	0.526	0.548	0.571	0.594	0.617
$v = 0.5$	0.039	0.045	0.051	0.058	0.064	0.072	0.082	0.094	0.109	0.125	0.142	0.160	0.179	0.198	0.218	0.239	0.260	0.281	0.302	0.324	0.345	0.367	0.390	0.412	0.434	0.457	0.480	0.503	0.525	0.548	0.571
$v = 0.6$	0.022	0.032	0.040	0.047	0.054	0.061	0.069	0.078	0.088	0.101	0.115	0.130	0.147	0.164	0.182	0.200	0.219	0.239	0.259	0.279	0.300	0.321	0.342	0.363	0.385	0.407	0.429	0.451	0.473	0.495	0.518
$v = 0.7$	0.005	0.013	0.023	0.032	0.041	0.048	0.056	0.064	0.073	0.082	0.093	0.106	0.120	0.135	0.151	0.167	0.185	0.202	0.221	0.240	0.259	0.279	0.299	0.319	0.340	0.360	0.381	0.403	0.424	0.446	0.468
$v = 0.8$			0.005	0.014	0.024	0.032	0.041	0.050	0.058	0.066	0.076	0.086	0.097	0.110	0.124	0.139	0.154	0.171	0.187	0.205	0.223	0.241	0.260	0.279	0.298	0.318	0.338	0.358	0.379	0.400	0.421
$v = 0.9$				0.005	0.014	0.024	0.033	0.042	0.051	0.059	0.068	0.078	0.089	0.101	0.114	0.128	0.142	0.158	0.173	0.190	0.207	0.224	0.242	0.261	0.279	0.298	0.317	0.337	0.357	0.377	
$v = 1.0$						0.006	0.015	0.025	0.034	0.043	0.052	0.061	0.071	0.081	0.092	0.105	0.118	0.131	0.146	0.161	0.176	0.192	0.209	0.226	0.244	0.262	0.280	0.299	0.318	0.337	
$v = 1.1$								0.007	0.016	0.025	0.035	0.044	0.053	0.063	0.073	0.083	0.095	0.107	0.121	0.134	0.149	0.163	0.179	0.195	0.211	0.228	0.245	0.263	0.281	0.299	
$v = 1.2$									0.001	0.007	0.017	0.026	0.036	0.045	0.055	0.065	0.075	0.086	0.098	0.110	0.124	0.137	0.151	0.166	0.181	0.197	0.213	0.230	0.247	0.264	
$v = 1.3$											0.001	0.008	0.018	0.027	0.037	0.047	0.057	0.066	0.077	0.088	0.101	0.113	0.126	0.140	0.154	0.169	0.184	0.200	0.216	0.232	
$v = 1.4$													0.002	0.010	0.020	0.029	0.039	0.048	0.058	0.069	0.079	0.091	0.104	0.116	0.130	0.143	0.157	0.172	0.187	0.202	
$v = 1.5$																0.003	0.011	0.021	0.030	0.040	0.050	0.060	0.071	0.082	0.094	0.106	0.119	0.132	0.146	0.160	0.174
$v = 1.6$																	0.004	0.013	0.022	0.032	0.042	0.052	0.062	0.073	0.085	0.096	0.109	0.122	0.135	0.148	
$v = 1.7$																		0.005	0.014	0.024	0.034	0.043	0.054	0.065	0.076	0.087	0.099	0.111	0.124		
$v = 1.8$																					0.007	0.016	0.025	0.035	0.045	0.056	0.067	0.077	0.090	0.102	
$v = 1.9$																						0.001	0.009	0.018	0.028	0.037	0.048	0.058	0.068	0.080	
$v = 2.0$																								0.002	0.010	0.020	0.029	0.039	0.049	0.060	
$v = 2.1$																										0.003	0.013	0.022	0.032	0.041	
$v = 2.2$																												0.006	0.014	0.023	
$v = 2.3$																														0.007	
$v = 2.4$																															
$v = 2.5$																															



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,20$ e $\lambda = 0$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

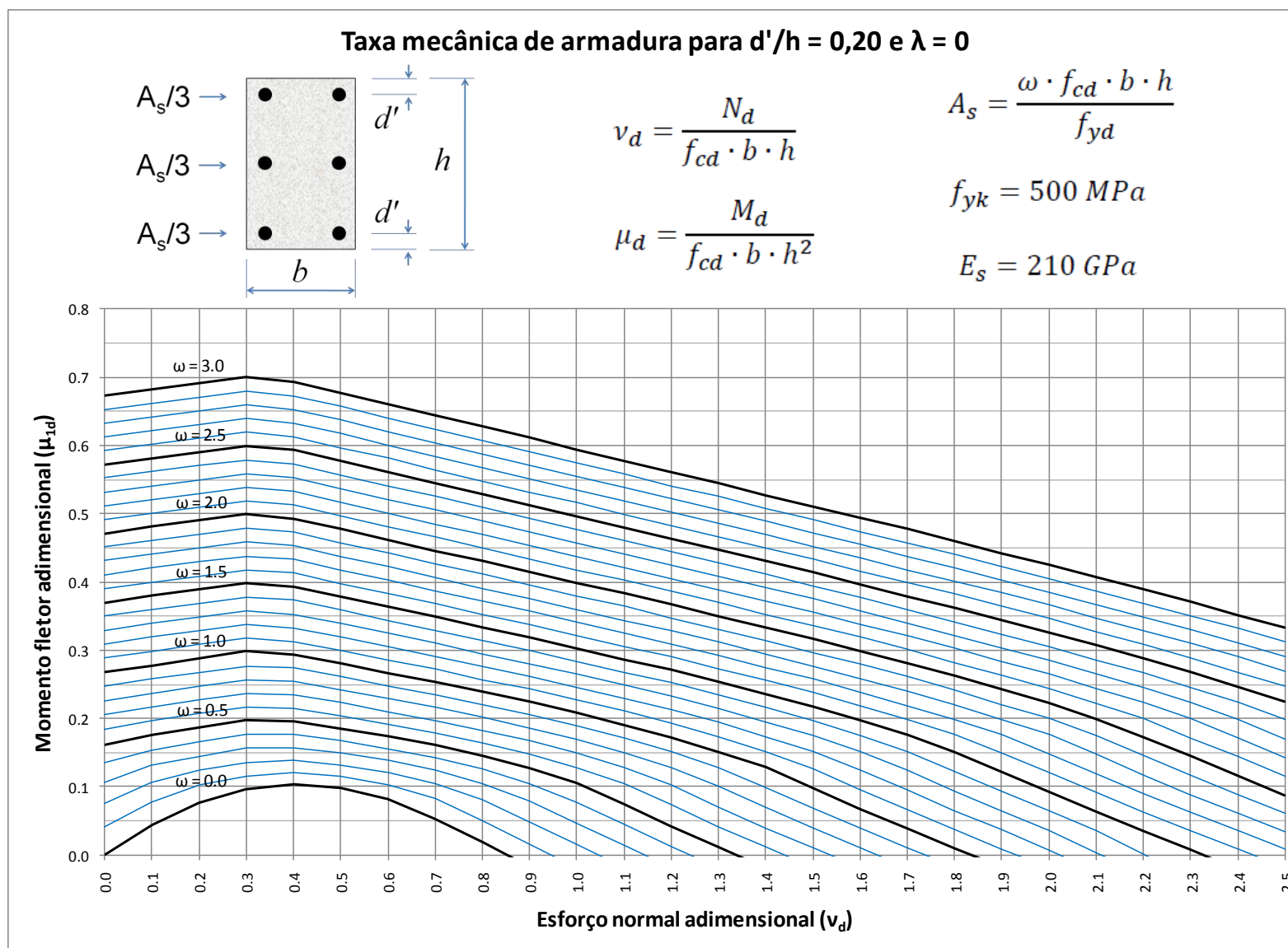
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

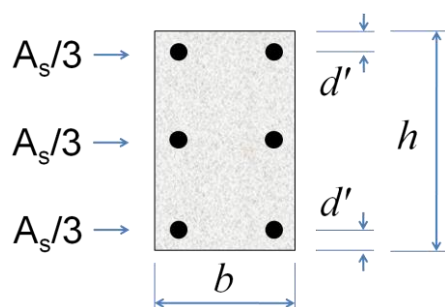
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega=0.0$	$\omega=0.1$	$\omega=0.2$	$\omega=0.3$	$\omega=0.4$	$\omega=0.5$	$\omega=0.6$	$\omega=0.7$	$\omega=0.8$	$\omega=0.9$	$\omega=1.0$	$\omega=1.1$	$\omega=1.2$	$\omega=1.3$	$\omega=1.4$	$\omega=1.5$	$\omega=1.6$	$\omega=1.7$	$\omega=1.8$	$\omega=1.9$	$\omega=2.0$	$\omega=2.1$	$\omega=2.2$	$\omega=2.3$	$\omega=2.4$	$\omega=2.5$	$\omega=2.6$	$\omega=2.7$	$\omega=2.8$	$\omega=2.9$	$\omega=3.0$
$v=0.0$	0.000	0.042	0.076	0.106	0.136	0.162	0.184	0.205	0.226	0.247	0.268	0.288	0.309	0.329	0.350	0.370	0.390	0.410	0.431	0.451	0.471	0.491	0.512	0.532	0.552	0.572	0.592	0.613	0.633	0.653	0.673
$v=0.1$	0.044	0.077	0.106	0.131	0.153	0.175	0.196	0.217	0.237	0.258	0.278	0.298	0.319	0.339	0.359	0.380	0.400	0.420	0.440	0.460	0.481	0.501	0.521	0.541	0.561	0.581	0.602	0.622	0.642	0.662	0.682
$v=0.2$	0.076	0.102	0.124	0.145	0.166	0.186	0.207	0.227	0.248	0.268	0.288	0.308	0.329	0.349	0.369	0.389	0.409	0.429	0.450	0.470	0.490	0.510	0.530	0.550	0.570	0.590	0.611	0.631	0.651	0.671	0.691
$v=0.3$	0.096	0.116	0.136	0.157	0.177	0.197	0.217	0.237	0.257	0.277	0.298	0.318	0.338	0.358	0.378	0.398	0.418	0.438	0.458	0.479	0.499	0.519	0.539	0.559	0.579	0.599	0.619	0.639	0.659	0.680	0.700
$v=0.4$	0.103	0.120	0.138	0.157	0.176	0.195	0.215	0.234	0.254	0.274	0.294	0.313	0.333	0.353	0.373	0.393	0.413	0.433	0.453	0.473	0.493	0.513	0.533	0.553	0.573	0.593	0.613	0.633	0.653	0.673	0.693
$v=0.5$	0.099	0.115	0.132	0.149	0.167	0.185	0.204	0.223	0.242	0.261	0.280	0.300	0.319	0.339	0.359	0.378	0.398	0.418	0.438	0.457	0.477	0.497	0.517	0.537	0.557	0.577	0.597	0.617	0.637	0.657	0.676
$v=0.6$	0.082	0.103	0.121	0.138	0.156	0.174	0.192	0.210	0.229	0.248	0.267	0.286	0.305	0.325	0.344	0.363	0.383	0.403	0.422	0.442	0.462	0.481	0.501	0.521	0.541	0.561	0.581	0.600	0.620	0.640	0.660
$v=0.7$	0.053	0.082	0.105	0.124	0.143	0.161	0.179	0.197	0.216	0.234	0.253	0.272	0.291	0.310	0.329	0.349	0.368	0.387	0.407	0.426	0.446	0.466	0.485	0.505	0.525	0.545	0.564	0.584	0.604	0.624	0.644
$v=0.8$	0.018	0.051	0.081	0.105	0.126	0.146	0.165	0.183	0.202	0.220	0.239	0.257	0.276	0.295	0.314	0.334	0.353	0.372	0.391	0.411	0.430	0.450	0.469	0.489	0.509	0.528	0.548	0.568	0.587	0.607	0.627
$v=0.9$		0.016	0.048	0.079	0.105	0.127	0.148	0.167	0.186	0.205	0.224	0.243	0.261	0.280	0.299	0.318	0.337	0.357	0.376	0.395	0.415	0.434	0.454	0.473	0.493	0.512	0.532	0.551	0.571	0.591	0.611
$v=1.0$			0.015	0.046	0.077	0.105	0.128	0.149	0.169	0.189	0.208	0.227	0.246	0.265	0.284	0.303	0.322	0.341	0.360	0.379	0.399	0.418	0.438	0.457	0.476	0.496	0.516	0.535	0.555	0.574	0.594
$v=1.1$				0.014	0.044	0.075	0.104	0.128	0.150	0.171	0.191	0.211	0.230	0.249	0.268	0.287	0.306	0.325	0.344	0.364	0.383	0.402	0.421	0.441	0.460	0.480	0.499	0.519	0.538	0.558	0.577
$v=1.2$					0.013	0.043	0.073	0.103	0.128	0.151	0.172	0.193	0.213	0.232	0.252	0.271	0.290	0.309	0.328	0.347	0.367	0.386	0.405	0.425	0.444	0.463	0.483	0.502	0.522	0.541	0.561
$v=1.3$						0.012	0.042	0.071	0.101	0.128	0.151	0.173	0.194	0.214	0.234	0.254	0.273	0.292	0.312	0.331	0.350	0.370	0.389	0.408	0.428	0.447	0.466	0.486	0.505	0.525	0.544
$v=1.4$							0.012	0.040	0.070	0.099	0.128	0.152	0.174	0.195	0.216	0.236	0.256	0.275	0.295	0.314	0.334	0.353	0.372	0.392	0.411	0.430	0.450	0.469	0.489	0.508	0.527
$v=1.5$								0.011	0.040	0.069	0.098	0.127	0.152	0.175	0.196	0.217	0.238	0.258	0.277	0.297	0.317	0.336	0.355	0.375	0.394	0.414	0.433	0.452	0.472	0.491	0.511
$v=1.6$									0.011	0.039	0.067	0.096	0.125	0.152	0.175	0.197	0.218	0.239	0.259	0.279	0.299	0.319	0.338	0.358	0.377	0.397	0.416	0.435	0.455	0.474	0.494
$v=1.7$										0.011	0.038	0.066	0.095	0.124	0.152	0.176	0.198	0.219	0.240	0.261	0.281	0.301	0.321	0.340	0.360	0.379	0.399	0.418	0.438	0.457	0.477
$v=1.8$											0.010	0.037	0.065	0.094	0.122	0.151	0.176	0.198	0.220	0.241	0.262	0.282	0.303	0.322	0.342	0.362	0.382	0.401	0.421	0.440	0.460
$v=1.9$												0.009	0.037	0.065	0.093	0.121	0.149	0.176	0.199	0.221	0.242	0.263	0.284	0.304	0.324	0.344	0.364	0.384	0.403	0.423	0.442
$v=2.0$													0.007	0.036	0.064	0.092	0.120	0.148	0.176	0.200	0.222	0.243	0.265	0.285	0.306	0.326	0.346	0.366	0.385	0.405	0.425
$v=2.1$														0.004	0.036	0.063	0.091	0.119	0.147	0.175	0.200	0.222	0.244	0.266	0.286	0.307	0.327	0.347	0.367	0.387	0.407
$v=2.2$															0.001	0.035	0.062	0.090	0.118	0.146	0.173	0.200	0.223	0.245	0.267	0.288	0.308	0.329	0.349	0.369	0.389
$v=2.3$																	0.035	0.062	0.089	0.117	0.145	0.172	0.200	0.224	0.246	0.268	0.289	0.310	0.330	0.351	0.371
$v=2.4$																		0.035	0.061	0.089	0.116	0.144	0.171	0.199	0.224	0.247	0.268	0.290	0.311	0.332	0.352
$v=2.5$																			0.034	0.061	0.088	0.115	0.143	0.170	0.198	0.225	0.247	0.269	0.291	0.312	0.333



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,20$ e $\lambda = 30$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

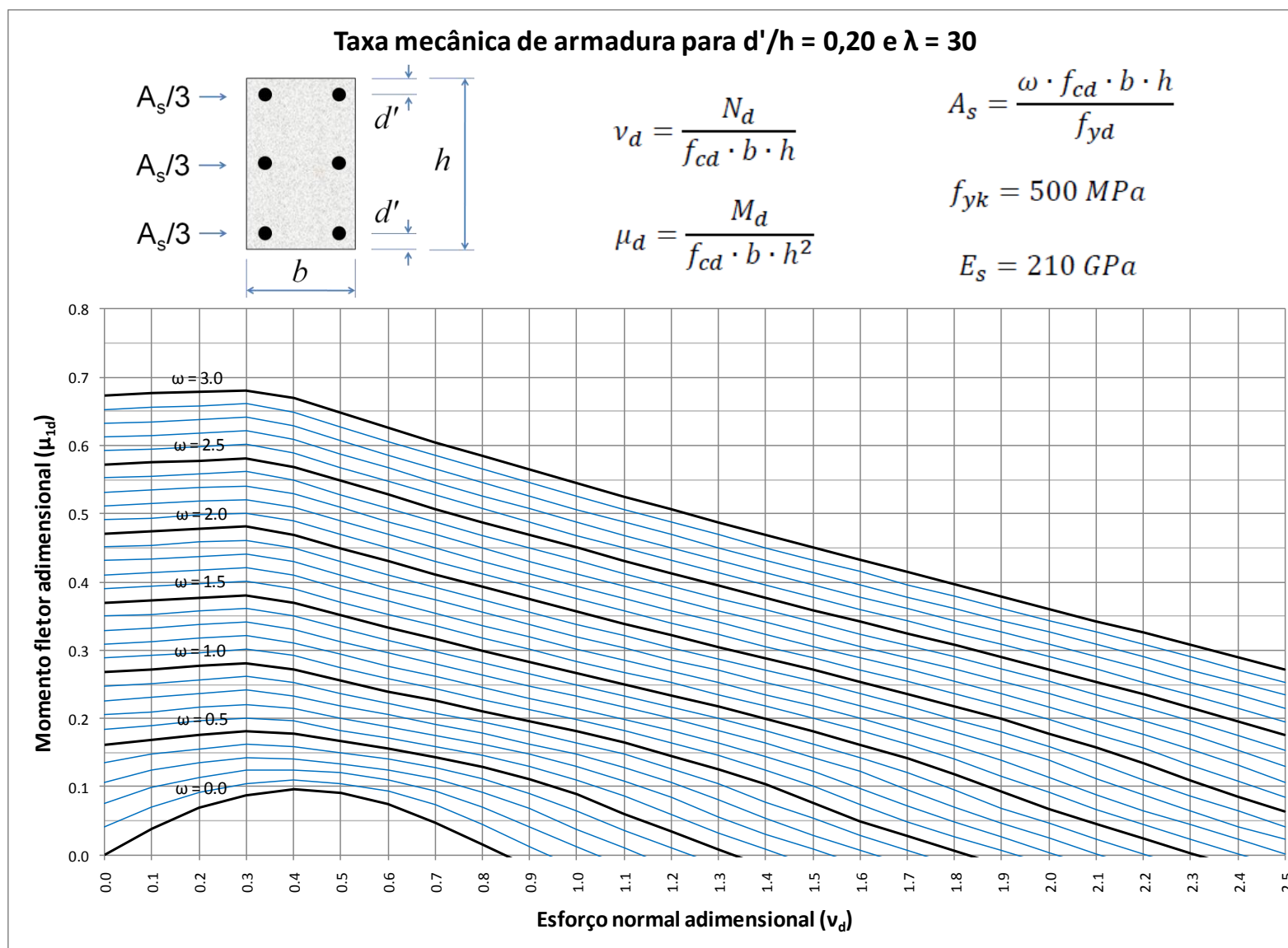
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

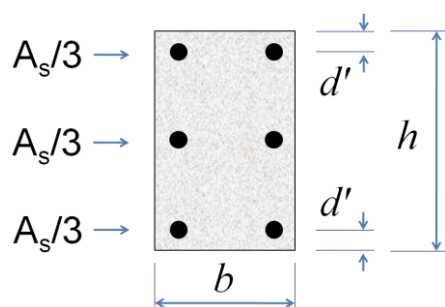
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.042	0.076	0.106	0.136	0.162	0.184	0.205	0.226	0.247	0.268	0.288	0.309	0.329	0.350	0.370	0.390	0.410	0.431	0.451	0.471	0.491	0.512	0.532	0.552	0.572	0.592	0.613	0.633	0.653	0.673
$v = 0.1$	0.039	0.071	0.099	0.125	0.147	0.168	0.189	0.210	0.231	0.251	0.272	0.292	0.312	0.333	0.353	0.373	0.393	0.414	0.434	0.454	0.474	0.494	0.514	0.535	0.555	0.575	0.595	0.615	0.635	0.656	0.676
$v = 0.2$	0.069	0.092	0.114	0.135	0.156	0.176	0.196	0.217	0.237	0.257	0.277	0.297	0.317	0.337	0.357	0.377	0.397	0.417	0.437	0.458	0.478	0.498	0.518	0.538	0.558	0.578	0.598	0.618	0.638	0.658	0.678
$v = 0.3$	0.088	0.105	0.124	0.143	0.162	0.182	0.201	0.221	0.241	0.261	0.281	0.301	0.321	0.341	0.361	0.381	0.401	0.421	0.441	0.461	0.481	0.501	0.521	0.541	0.561	0.581	0.601	0.621	0.641	0.661	0.681
$v = 0.4$	0.096	0.110	0.125	0.141	0.159	0.177	0.196	0.214	0.233	0.253	0.272	0.292	0.311	0.331	0.351	0.370	0.390	0.410	0.430	0.450	0.469	0.489	0.509	0.529	0.549	0.569	0.589	0.609	0.629	0.649	0.669
$v = 0.5$	0.091	0.105	0.120	0.134	0.150	0.166	0.183	0.201	0.219	0.237	0.256	0.275	0.294	0.313	0.332	0.352	0.371	0.391	0.410	0.430	0.449	0.469	0.489	0.509	0.528	0.548	0.568	0.588	0.607	0.627	0.647
$v = 0.6$	0.074	0.093	0.110	0.125	0.140	0.156	0.171	0.188	0.205	0.222	0.240	0.259	0.277	0.296	0.315	0.334	0.352	0.372	0.391	0.410	0.430	0.449	0.469	0.488	0.508	0.528	0.547	0.567	0.586	0.606	0.626
$v = 0.7$	0.047	0.073	0.094	0.111	0.128	0.144	0.159	0.175	0.192	0.208	0.226	0.243	0.261	0.279	0.298	0.316	0.335	0.354	0.373	0.392	0.411	0.430	0.449	0.469	0.488	0.507	0.527	0.546	0.566	0.586	0.605
$v = 0.8$	0.015	0.044	0.070	0.092	0.111	0.129	0.146	0.162	0.178	0.195	0.211	0.228	0.245	0.263	0.281	0.299	0.317	0.336	0.355	0.373	0.392	0.411	0.430	0.449	0.468	0.487	0.507	0.526	0.546	0.565	0.584
$v = 0.9$		0.013	0.041	0.068	0.090	0.111	0.129	0.147	0.163	0.180	0.196	0.213	0.230	0.248	0.265	0.283	0.301	0.319	0.337	0.355	0.374	0.393	0.412	0.430	0.449	0.468	0.488	0.507	0.526	0.545	0.565
$v = 1.0$			0.012	0.038	0.065	0.089	0.110	0.129	0.147	0.164	0.181	0.198	0.215	0.232	0.249	0.267	0.284	0.302	0.320	0.338	0.356	0.375	0.393	0.412	0.431	0.450	0.468	0.487	0.506	0.526	0.545
$v = 1.1$				0.010	0.035	0.061	0.086	0.108	0.128	0.147	0.165	0.182	0.199	0.216	0.233	0.250	0.268	0.285	0.303	0.321	0.339	0.357	0.375	0.394	0.412	0.431	0.450	0.468	0.488	0.506	0.525
$v = 1.2$					0.010	0.034	0.059	0.084	0.106	0.127	0.146	0.164	0.182	0.200	0.217	0.234	0.252	0.269	0.286	0.304	0.322	0.340	0.358	0.376	0.394	0.413	0.431	0.450	0.469	0.487	0.505
$v = 1.3$						0.008	0.032	0.056	0.081	0.105	0.125	0.146	0.165	0.182	0.200	0.218	0.235	0.252	0.270	0.287	0.305	0.323	0.341	0.358	0.376	0.395	0.413	0.432	0.450	0.469	0.487
$v = 1.4$							0.008	0.030	0.054	0.078	0.103	0.125	0.144	0.164	0.182	0.200	0.218	0.235	0.253	0.270	0.288	0.305	0.324	0.341	0.359	0.377	0.395	0.414	0.432	0.450	0.468
$v = 1.5$								0.008	0.029	0.053	0.077	0.101	0.123	0.143	0.163	0.182	0.200	0.218	0.236	0.254	0.271	0.289	0.306	0.324	0.341	0.359	0.377	0.395	0.414	0.432	0.450
$v = 1.6$									0.007	0.028	0.050	0.074	0.098	0.122	0.142	0.162	0.182	0.200	0.218	0.236	0.254	0.271	0.289	0.306	0.324	0.343	0.360	0.378	0.396	0.415	0.432
$v = 1.7$										0.007	0.027	0.049	0.072	0.096	0.121	0.141	0.162	0.181	0.200	0.218	0.236	0.254	0.272	0.289	0.307	0.325	0.343	0.361	0.378	0.396	0.415
$v = 1.8$											0.006	0.026	0.048	0.071	0.095	0.118	0.140	0.160	0.180	0.199	0.218	0.236	0.254	0.272	0.290	0.308	0.325	0.343	0.361	0.379	
$v = 1.9$												0.006	0.026	0.047	0.069	0.092	0.116	0.139	0.160	0.180	0.199	0.218	0.236	0.254	0.272	0.290	0.308	0.326	0.343	0.361	0.379
$v = 2.0$													0.004	0.025	0.046	0.068	0.091	0.114	0.138	0.159	0.178	0.198	0.217	0.236	0.254	0.272	0.290	0.308	0.326	0.344	0.361
$v = 2.1$														0.002	0.024	0.045	0.066	0.089	0.112	0.135	0.158	0.177	0.197	0.216	0.235	0.254	0.272	0.290	0.308	0.326	0.343
$v = 2.2$																0.024	0.044	0.065	0.088	0.110	0.134	0.157	0.177	0.197	0.216	0.235	0.253	0.272	0.290	0.308	0.326
$v = 2.3$																	0.023	0.044	0.064	0.086	0.109	0.132	0.155	0.176	0.196	0.215	0.235	0.253	0.271	0.290	0.308
$v = 2.4$																		0.023	0.042	0.064	0.085	0.108	0.131	0.154	0.175	0.196	0.215	0.234	0.253	0.271	0.290
$v = 2.5$																			0.023	0.041	0.063	0.084	0.106	0.129	0.153	0.175	0.195	0.214	0.234	0.253	0.271



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,20$ e $\lambda = 60$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

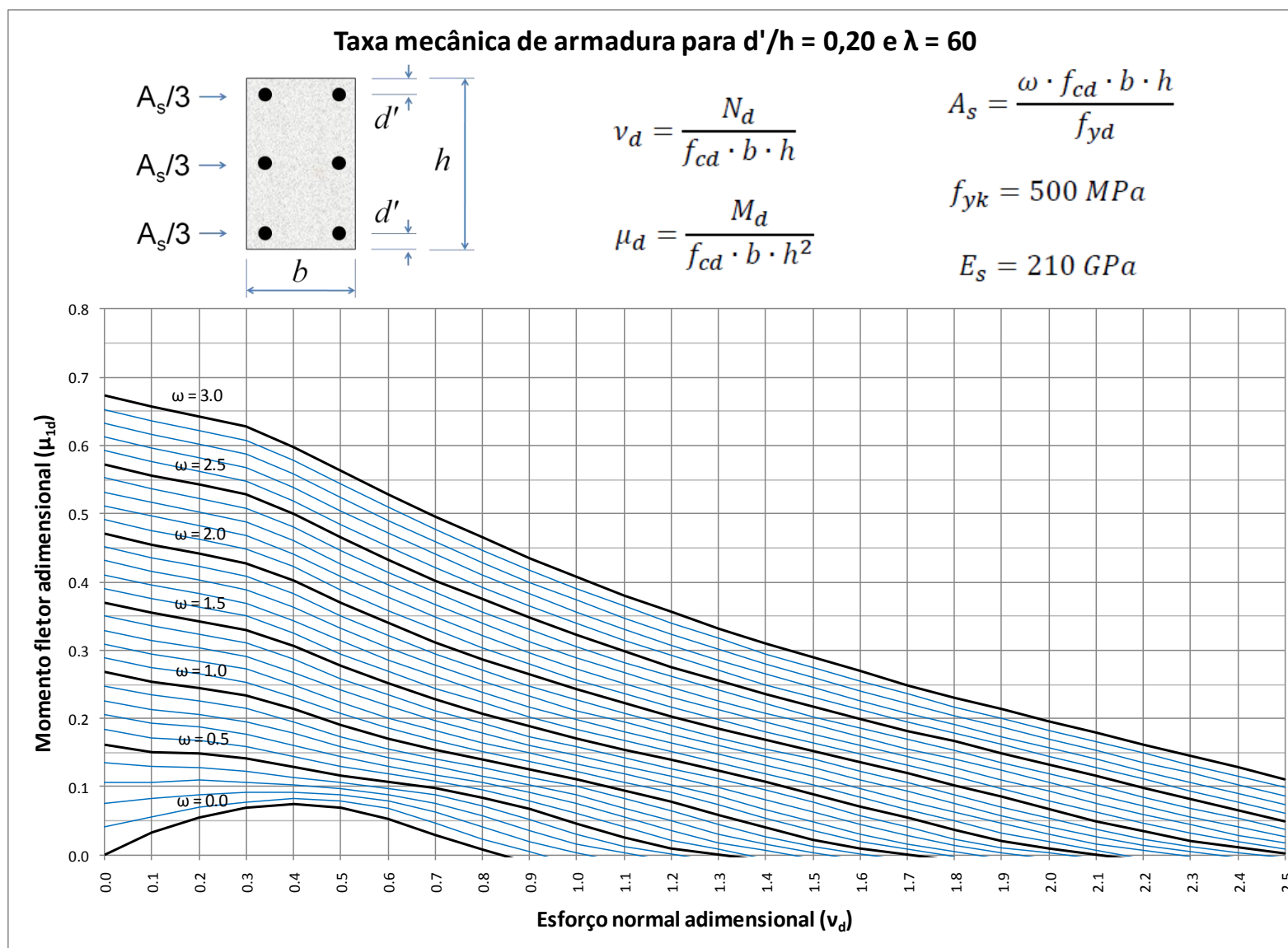
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

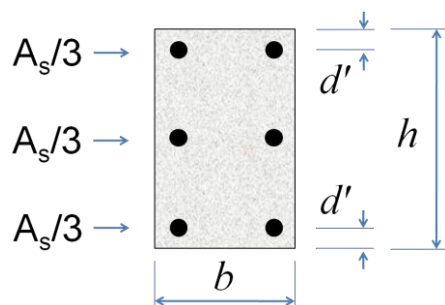
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\nu = 0.0$	0.000	0.042	0.076	0.106	0.136	0.162	0.184	0.205	0.226	0.247	0.268	0.288	0.309	0.329	0.350	0.370	0.390	0.410	0.431	0.451	0.471	0.491	0.512	0.532	0.552	0.572	0.592	0.613	0.633	0.653	0.673
$\nu = 0.1$	0.033	0.056	0.082	0.107	0.129	0.151	0.172	0.193	0.213	0.234	0.254	0.274	0.294	0.315	0.335	0.355	0.375	0.395	0.415	0.435	0.455	0.475	0.496	0.516	0.536	0.556	0.576	0.596	0.616	0.636	0.656
$\nu = 0.2$	0.055	0.070	0.089	0.109	0.128	0.148	0.167	0.187	0.206	0.225	0.245	0.265	0.284	0.304	0.324	0.343	0.363	0.383	0.403	0.423	0.442	0.462	0.482	0.502	0.522	0.542	0.562	0.582	0.602	0.622	0.642
$\nu = 0.3$	0.070	0.078	0.091	0.107	0.123	0.141	0.159	0.177	0.195	0.214	0.233	0.252	0.272	0.291	0.311	0.330	0.350	0.369	0.389	0.409	0.428	0.448	0.468	0.488	0.508	0.528	0.547	0.567	0.587	0.607	0.627
$\nu = 0.4$	0.075	0.083	0.091	0.102	0.114	0.129	0.144	0.161	0.178	0.195	0.213	0.231	0.250	0.268	0.287	0.306	0.325	0.344	0.363	0.383	0.402	0.422	0.441	0.460	0.480	0.500	0.519	0.539	0.559	0.579	0.598
$\nu = 0.5$	0.070	0.080	0.088	0.097	0.106	0.117	0.130	0.144	0.158	0.174	0.190	0.207	0.224	0.241	0.259	0.277	0.295	0.314	0.332	0.351	0.370	0.389	0.408	0.427	0.446	0.465	0.485	0.504	0.523	0.543	0.562
$\nu = 0.6$	0.053	0.068	0.079	0.089	0.098	0.108	0.119	0.130	0.143	0.156	0.171	0.186	0.201	0.218	0.234	0.251	0.269	0.286	0.304	0.322	0.340	0.358	0.377	0.395	0.414	0.433	0.452	0.471	0.490	0.509	0.528
$\nu = 0.7$	0.029	0.047	0.063	0.076	0.088	0.098	0.108	0.118	0.129	0.141	0.154	0.167	0.182	0.197	0.212	0.228	0.244	0.261	0.278	0.295	0.312	0.330	0.348	0.366	0.384	0.402	0.421	0.440	0.458	0.477	0.496
$\nu = 0.8$	0.008	0.024	0.042	0.058	0.072	0.084	0.096	0.106	0.116	0.128	0.139	0.151	0.164	0.178	0.193	0.207	0.223	0.238	0.254	0.271	0.287	0.304	0.321	0.339	0.356	0.374	0.392	0.410	0.428	0.446	0.465
$\nu = 0.9$		0.005	0.020	0.036	0.052	0.067	0.080	0.092	0.103	0.114	0.125	0.137	0.149	0.161	0.174	0.188	0.203	0.217	0.232	0.248	0.264	0.280	0.296	0.313	0.330	0.347	0.364	0.382	0.400	0.417	0.435
$\nu = 1.0$			0.004	0.016	0.031	0.046	0.061	0.075	0.088	0.100	0.111	0.122	0.134	0.146	0.158	0.171	0.184	0.198	0.212	0.227	0.242	0.257	0.273	0.289	0.306	0.322	0.339	0.356	0.373	0.390	0.408
$\nu = 1.1$				0.003	0.013	0.026	0.041	0.055	0.069	0.083	0.095	0.107	0.119	0.130	0.143	0.155	0.167	0.180	0.194	0.207	0.222	0.237	0.251	0.267	0.282	0.298	0.315	0.331	0.347	0.364	0.381
$\nu = 1.2$					0.002	0.010	0.022	0.036	0.050	0.064	0.078	0.091	0.103	0.115	0.127	0.139	0.151	0.164	0.176	0.190	0.203	0.217	0.231	0.246	0.261	0.276	0.292	0.307	0.324	0.340	0.356
$\nu = 1.3$						0.001	0.008	0.018	0.031	0.045	0.059	0.073	0.086	0.099	0.111	0.124	0.135	0.148	0.160	0.172	0.185	0.199	0.213	0.226	0.241	0.256	0.271	0.285	0.301	0.317	0.332
$\nu = 1.4$							0.006	0.015	0.027	0.040	0.054	0.067	0.081	0.095	0.107	0.119	0.132	0.144	0.156	0.169	0.181	0.195	0.208	0.222	0.236	0.250	0.265	0.279	0.295	0.310	0.326
$\nu = 1.5$								0.004	0.012	0.023	0.036	0.049	0.062	0.077	0.089	0.103	0.115	0.128	0.140	0.152	0.165	0.177	0.191	0.203	0.217	0.231	0.245	0.260	0.274	0.289	0.304
$\nu = 1.6$									0.002	0.010	0.019	0.031	0.045	0.058	0.071	0.085	0.098	0.110	0.123	0.136	0.148	0.161	0.174	0.186	0.199	0.213	0.226	0.240	0.254	0.269	0.283
$\nu = 1.7$										0.001	0.008	0.016	0.028	0.041	0.054	0.066	0.080	0.094	0.106	0.119	0.132	0.145	0.156	0.169	0.182	0.195	0.208	0.222	0.236	0.249	0.263
$\nu = 1.8$												0.005	0.014	0.024	0.037	0.050	0.062	0.076	0.089	0.102	0.115	0.128	0.140	0.153	0.166	0.178	0.191	0.204	0.217	0.230	0.243
$\nu = 1.9$													0.004	0.011	0.021	0.033	0.046	0.058	0.071	0.085	0.098	0.110	0.124	0.136	0.148	0.162	0.174	0.187	0.200	0.213	0.226
$\nu = 2.0$														0.003	0.010	0.019	0.030	0.042	0.054	0.067	0.080	0.093	0.106	0.119	0.132	0.145	0.157	0.170	0.183	0.195	0.208
$\nu = 2.1$															0.001	0.007	0.016	0.026	0.038	0.050	0.063	0.076	0.089	0.102	0.116	0.128	0.141	0.153	0.166	0.179	0.191
$\nu = 2.2$																	0.007	0.014	0.024	0.035	0.047	0.059	0.072	0.085	0.098	0.111	0.123	0.136	0.150	0.162	0.175
$\nu = 2.3$																		0.005	0.012	0.021	0.032	0.044	0.056	0.068	0.081	0.094	0.107	0.120	0.132	0.145	0.158
$\nu = 2.4$																			0.004	0.011	0.019	0.029	0.041	0.053	0.065	0.077	0.090	0.103	0.115	0.128	0.141
$\nu = 2.5$																				0.003	0.009	0.018	0.026	0.038	0.050	0.061	0.074	0.086	0.099	0.111	0.123



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,20$ e $\lambda = 90$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

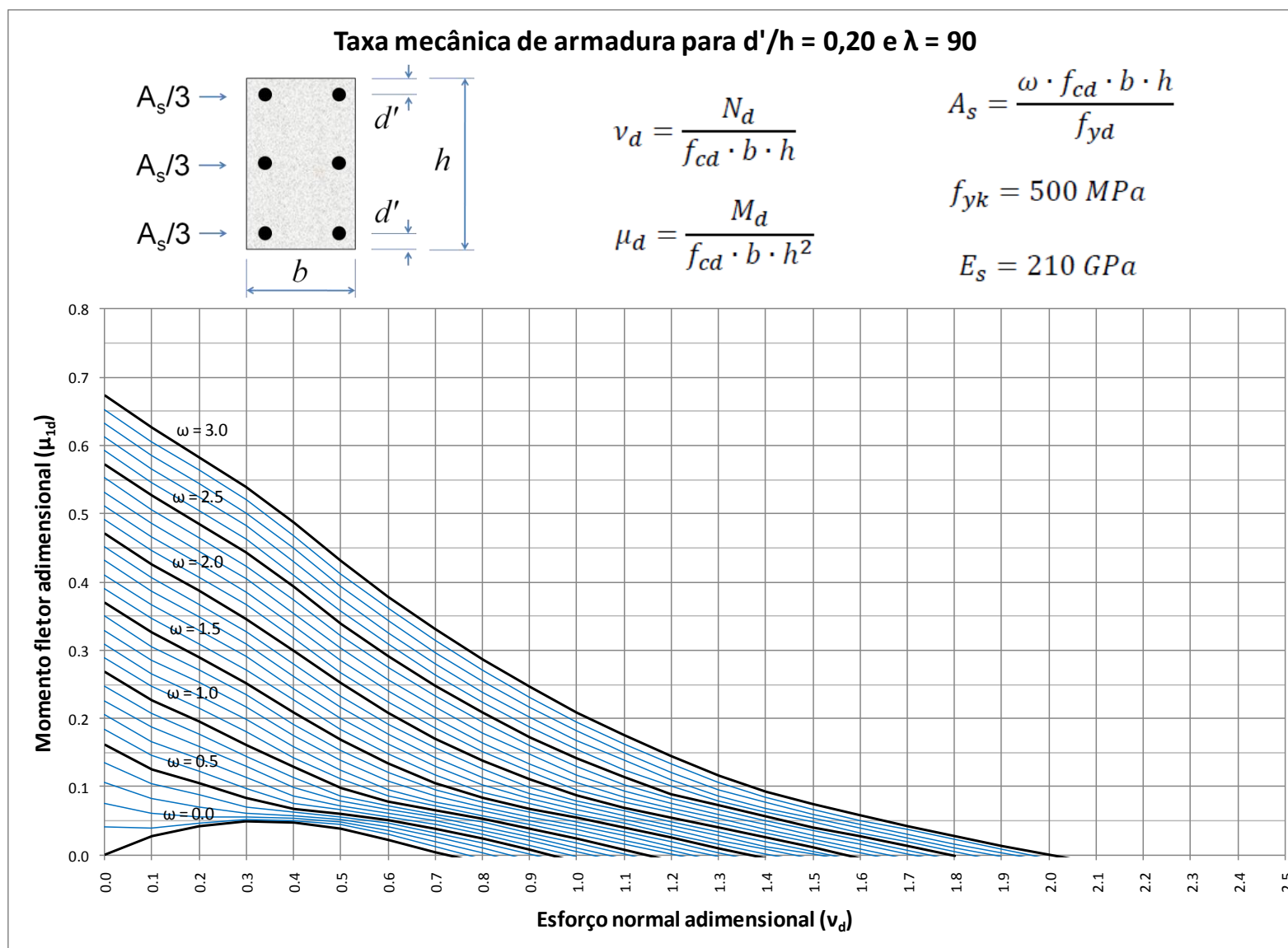
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

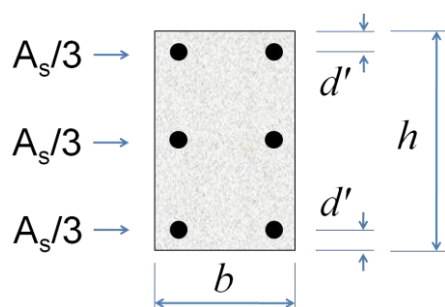
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$	
$v = 0.0$	0.000	0.042	0.076	0.106	0.136	0.162	0.184	0.205	0.226	0.247	0.268	0.288	0.309	0.329	0.350	0.370	0.390	0.410	0.431	0.451	0.471	0.491	0.512	0.532	0.552	0.572	0.592	0.613	0.633	0.653	0.673	
$v = 0.1$	0.028	0.040	0.061	0.083	0.104	0.125	0.146	0.166	0.187	0.207	0.227	0.247	0.266	0.286	0.306	0.326	0.346	0.366	0.386	0.406	0.426	0.446	0.466	0.486	0.506	0.526	0.546	0.566	0.586	0.606	0.626	
$v = 0.2$	0.043	0.046	0.055	0.071	0.088	0.105	0.123	0.141	0.159	0.177	0.196	0.214	0.233	0.252	0.271	0.290	0.309	0.328	0.348	0.367	0.387	0.406	0.426	0.445	0.465	0.485	0.504	0.524	0.544	0.563	0.583	
$v = 0.3$	0.049	0.052	0.055	0.061	0.070	0.083	0.097	0.113	0.129	0.145	0.162	0.180	0.198	0.216	0.234	0.252	0.271	0.290	0.308	0.327	0.346	0.366	0.385	0.404	0.423	0.443	0.462	0.482	0.501	0.521	0.540	
$v = 0.4$	0.047	0.051	0.054	0.058	0.062	0.068	0.076	0.086	0.099	0.113	0.128	0.143	0.159	0.175	0.192	0.209	0.227	0.244	0.262	0.280	0.299	0.317	0.335	0.354	0.373	0.392	0.410	0.430	0.449	0.468	0.487	
$v = 0.5$	0.039	0.044	0.048	0.052	0.056	0.061	0.066	0.072	0.079	0.087	0.098	0.111	0.124	0.138	0.153	0.168	0.184	0.200	0.217	0.233	0.251	0.268	0.285	0.303	0.321	0.339	0.357	0.375	0.393	0.412	0.430	
$v = 0.6$	0.022	0.030	0.036	0.042	0.047	0.051	0.056	0.061	0.066	0.072	0.079	0.087	0.096	0.108	0.121	0.134	0.148	0.162	0.177	0.192	0.208	0.224	0.240	0.257	0.274	0.291	0.308	0.325	0.343	0.361	0.379	
$v = 0.7$	0.005	0.012	0.020	0.027	0.033	0.039	0.044	0.050	0.055	0.060	0.066	0.072	0.078	0.086	0.095	0.105	0.117	0.130	0.143	0.157	0.171	0.186	0.201	0.216	0.232	0.248	0.264	0.280	0.297	0.314	0.331	
$v = 0.8$			0.003	0.010	0.017	0.024	0.030	0.036	0.042	0.048	0.053	0.058	0.064	0.070	0.077	0.084	0.092	0.102	0.114	0.126	0.138	0.152	0.165	0.179	0.194	0.209	0.223	0.239	0.255	0.271	0.287	
$v = 0.9$					0.001	0.007	0.014	0.021	0.027	0.033	0.039	0.045	0.051	0.056	0.062	0.068	0.075	0.082	0.090	0.099	0.110	0.122	0.134	0.147	0.160	0.173	0.187	0.202	0.216	0.231	0.246	
$v = 1.0$								0.005	0.011	0.018	0.024	0.031	0.037	0.043	0.049	0.054	0.060	0.067	0.073	0.080	0.088	0.096	0.107	0.118	0.130	0.142	0.155	0.168	0.182	0.195	0.209	
$v = 1.1$										0.002	0.008	0.015	0.021	0.028	0.034	0.040	0.046	0.052	0.058	0.064	0.070	0.078	0.085	0.093	0.103	0.114	0.125	0.138	0.150	0.163	0.176	
$v = 1.2$												0.001	0.006	0.013	0.019	0.025	0.031	0.037	0.043	0.049	0.055	0.062	0.068	0.075	0.082	0.090	0.100	0.110	0.121	0.133	0.145	
$v = 1.3$															0.004	0.010	0.016	0.022	0.029	0.034	0.040	0.047	0.053	0.059	0.066	0.072	0.079	0.087	0.096	0.106	0.117	
$v = 1.4$																	0.002	0.008	0.013	0.020	0.026	0.032	0.038	0.044	0.050	0.057	0.063	0.069	0.077	0.085	0.093	
$v = 1.5$																			0.001	0.005	0.011	0.017	0.023	0.029	0.035	0.041	0.048	0.054	0.060	0.067	0.074	
$v = 1.6$																						0.003	0.009	0.015	0.021	0.027	0.033	0.039	0.045	0.051	0.058	
$v = 1.7$																								0.002	0.007	0.013	0.019	0.025	0.031	0.037	0.043	
$v = 1.8$																											0.005	0.011	0.016	0.023	0.028	
$v = 1.9$																												0.005	0.011	0.016	0.023	0.028
$v = 1.9$																													0.003	0.009	0.014	
$v = 2.0$																																0.001
$v = 2.1$																																
$v = 2.2$																																
$v = 2.3$																																
$v = 2.4$																																
$v = 2.5$																																



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,25$ e $\lambda = 0$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

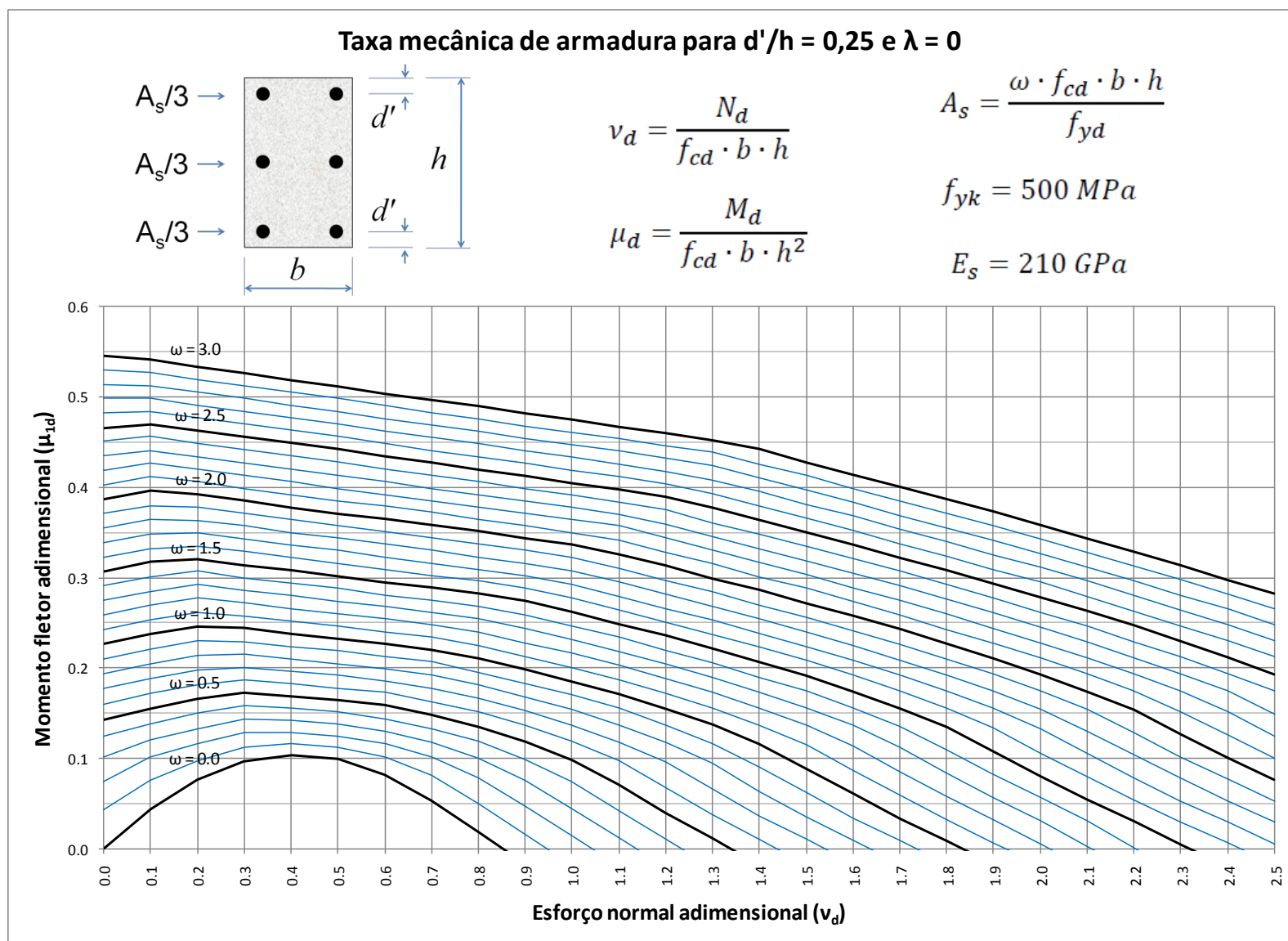
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

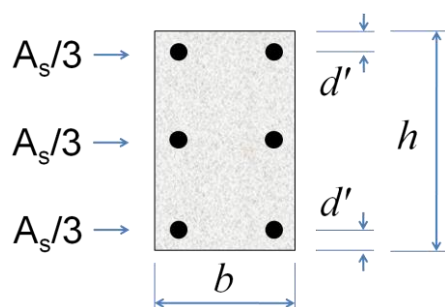
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\nu = 0.0$	0.000	0.043	0.074	0.101	0.125	0.143	0.160	0.177	0.194	0.210	0.227	0.243	0.259	0.275	0.291	0.307	0.323	0.339	0.355	0.371	0.387	0.403	0.419	0.435	0.451	0.466	0.482	0.498	0.514	0.530	0.546
$\nu = 0.1$	0.044	0.075	0.101	0.120	0.138	0.155	0.172	0.188	0.204	0.221	0.237	0.253	0.269	0.285	0.301	0.317	0.332	0.348	0.364	0.380	0.396	0.412	0.427	0.441	0.456	0.470	0.484	0.498	0.512	0.527	0.541
$\nu = 0.2$	0.076	0.098	0.116	0.133	0.150	0.166	0.182	0.198	0.214	0.230	0.246	0.262	0.278	0.292	0.307	0.321	0.335	0.349	0.363	0.378	0.392	0.406	0.420	0.434	0.449	0.463	0.477	0.491	0.505	0.519	0.533
$\nu = 0.3$	0.096	0.112	0.128	0.143	0.158	0.172	0.187	0.201	0.215	0.229	0.244	0.258	0.272	0.286	0.300	0.314	0.329	0.343	0.357	0.371	0.385	0.399	0.413	0.427	0.442	0.456	0.470	0.484	0.498	0.512	0.526
$\nu = 0.4$	0.103	0.116	0.128	0.142	0.155	0.169	0.183	0.196	0.210	0.224	0.238	0.252	0.266	0.280	0.294	0.308	0.322	0.336	0.350	0.364	0.378	0.392	0.406	0.420	0.435	0.449	0.463	0.477	0.491	0.505	0.519
$\nu = 0.5$	0.099	0.112	0.125	0.138	0.151	0.165	0.178	0.192	0.205	0.219	0.232	0.246	0.260	0.274	0.288	0.302	0.316	0.330	0.344	0.358	0.371	0.385	0.399	0.413	0.428	0.442	0.456	0.470	0.484	0.498	0.512
$\nu = 0.6$	0.082	0.101	0.116	0.130	0.144	0.159	0.173	0.186	0.199	0.213	0.227	0.240	0.254	0.268	0.281	0.295	0.309	0.323	0.337	0.351	0.365	0.379	0.392	0.406	0.420	0.434	0.448	0.462	0.476	0.490	0.504
$\nu = 0.7$	0.053	0.081	0.101	0.118	0.133	0.148	0.163	0.177	0.192	0.207	0.220	0.234	0.248	0.261	0.275	0.289	0.302	0.316	0.330	0.344	0.358	0.372	0.385	0.399	0.413	0.427	0.441	0.455	0.469	0.483	0.497
$\nu = 0.8$	0.018	0.050	0.079	0.100	0.119	0.135	0.151	0.166	0.181	0.195	0.210	0.225	0.240	0.255	0.268	0.282	0.296	0.309	0.323	0.337	0.351	0.365	0.378	0.392	0.406	0.420	0.434	0.448	0.462	0.476	0.490
$\nu = 0.9$		0.016	0.047	0.076	0.099	0.119	0.136	0.153	0.168	0.183	0.198	0.213	0.228	0.244	0.259	0.274	0.289	0.302	0.316	0.330	0.344	0.357	0.371	0.385	0.399	0.413	0.427	0.441	0.454	0.468	0.482
$\nu = 1.0$			0.014	0.044	0.074	0.098	0.119	0.137	0.154	0.170	0.185	0.201	0.216	0.231	0.246	0.262	0.277	0.292	0.308	0.323	0.336	0.350	0.364	0.378	0.392	0.405	0.419	0.433	0.447	0.461	0.475
$\nu = 1.1$				0.012	0.042	0.071	0.097	0.118	0.137	0.155	0.171	0.187	0.203	0.218	0.234	0.249	0.264	0.279	0.295	0.310	0.326	0.341	0.357	0.370	0.384	0.398	0.412	0.426	0.440	0.454	0.467
$\nu = 1.2$					0.011	0.040	0.068	0.096	0.118	0.137	0.155	0.172	0.188	0.204	0.220	0.236	0.251	0.266	0.282	0.297	0.313	0.328	0.344	0.359	0.375	0.390	0.404	0.418	0.432	0.446	0.460
$\nu = 1.3$						0.011	0.038	0.066	0.094	0.117	0.137	0.155	0.173	0.189	0.206	0.222	0.237	0.253	0.268	0.284	0.299	0.315	0.330	0.346	0.361	0.377	0.393	0.408	0.424	0.439	0.452
$\nu = 1.4$							0.010	0.037	0.064	0.091	0.116	0.137	0.155	0.173	0.190	0.207	0.223	0.239	0.255	0.270	0.286	0.301	0.317	0.332	0.348	0.364	0.379	0.395	0.410	0.426	0.442
$\nu = 1.5$								0.010	0.035	0.062	0.089	0.115	0.136	0.156	0.174	0.191	0.208	0.224	0.240	0.256	0.272	0.288	0.303	0.319	0.334	0.350	0.366	0.381	0.397	0.413	0.428
$\nu = 1.6$									0.009	0.034	0.061	0.087	0.114	0.136	0.155	0.174	0.192	0.209	0.225	0.241	0.258	0.273	0.289	0.305	0.321	0.336	0.352	0.368	0.383	0.399	0.414
$\nu = 1.7$										0.009	0.033	0.059	0.085	0.112	0.135	0.155	0.174	0.192	0.209	0.226	0.243	0.259	0.275	0.291	0.307	0.322	0.338	0.354	0.369	0.385	0.401
$\nu = 1.8$											0.008	0.032	0.058	0.084	0.110	0.135	0.155	0.174	0.192	0.210	0.227	0.243	0.260	0.276	0.292	0.308	0.324	0.340	0.355	0.371	0.387
$\nu = 1.9$												0.007	0.032	0.057	0.082	0.108	0.134	0.155	0.174	0.193	0.210	0.228	0.244	0.261	0.277	0.293	0.309	0.325	0.341	0.357	0.373
$\nu = 2.0$													0.005	0.031	0.056	0.081	0.106	0.132	0.154	0.174	0.193	0.211	0.228	0.245	0.262	0.278	0.295	0.311	0.327	0.343	0.358
$\nu = 2.1$														0.003	0.031	0.055	0.080	0.105	0.130	0.154	0.174	0.193	0.211	0.229	0.246	0.263	0.279	0.296	0.312	0.328	0.344
$\nu = 2.2$															0.001	0.030	0.054	0.079	0.104	0.129	0.154	0.174	0.193	0.211	0.229	0.247	0.263	0.280	0.297	0.313	0.329
$\nu = 2.3$																	0.030	0.053	0.078	0.102	0.127	0.152	0.174	0.193	0.212	0.230	0.247	0.264	0.281	0.298	0.314
$\nu = 2.4$																		0.029	0.053	0.077	0.101	0.126	0.151	0.174	0.193	0.212	0.230	0.248	0.265	0.282	0.298
$\nu = 2.5$																			0.029	0.052	0.076	0.100	0.124	0.149	0.174	0.193	0.212	0.230	0.248	0.266	0.283



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,25$ e $\lambda = 30$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

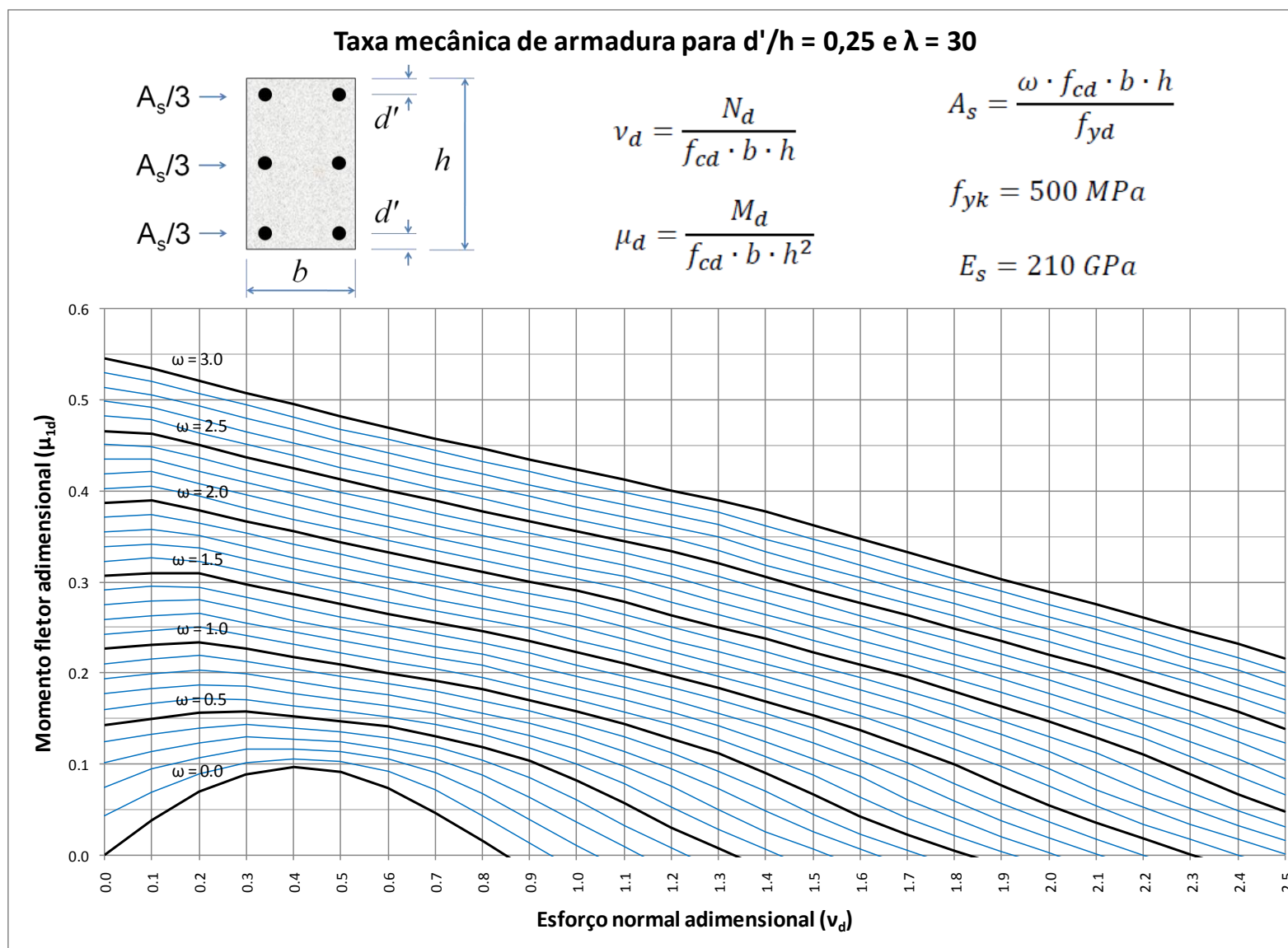
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

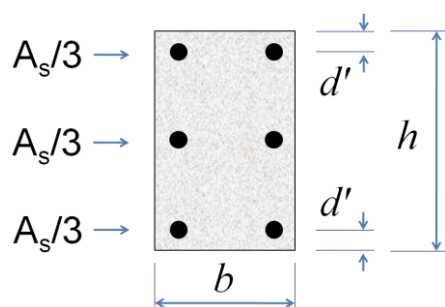
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\nu = 0.0$	0.000	0.043	0.074	0.101	0.125	0.143	0.160	0.177	0.194	0.210	0.227	0.243	0.259	0.275	0.291	0.307	0.323	0.339	0.355	0.371	0.387	0.403	0.419	0.435	0.451	0.466	0.482	0.498	0.514	0.530	0.546
$\nu = 0.1$	0.039	0.069	0.095	0.114	0.132	0.150	0.166	0.183	0.199	0.215	0.231	0.247	0.263	0.279	0.295	0.310	0.326	0.342	0.358	0.374	0.390	0.405	0.421	0.435	0.449	0.463	0.478	0.492	0.506	0.520	0.534
$\nu = 0.2$	0.069	0.089	0.107	0.123	0.140	0.156	0.172	0.187	0.203	0.219	0.234	0.250	0.266	0.280	0.294	0.309	0.323	0.337	0.351	0.365	0.379	0.394	0.408	0.422	0.436	0.450	0.464	0.478	0.493	0.507	0.521
$\nu = 0.3$	0.088	0.101	0.116	0.130	0.143	0.157	0.171	0.185	0.199	0.213	0.227	0.241	0.255	0.269	0.283	0.297	0.311	0.325	0.339	0.353	0.367	0.381	0.395	0.409	0.423	0.437	0.451	0.465	0.480	0.494	0.508
$\nu = 0.4$	0.096	0.106	0.116	0.127	0.139	0.152	0.164	0.177	0.191	0.204	0.217	0.231	0.245	0.258	0.272	0.286	0.300	0.314	0.327	0.341	0.355	0.369	0.383	0.397	0.411	0.425	0.439	0.453	0.467	0.481	0.495
$\nu = 0.5$	0.091	0.103	0.114	0.124	0.135	0.147	0.158	0.170	0.183	0.196	0.209	0.222	0.235	0.248	0.262	0.275	0.289	0.303	0.316	0.330	0.344	0.357	0.371	0.385	0.399	0.413	0.426	0.440	0.454	0.468	0.482
$\nu = 0.6$	0.074	0.092	0.105	0.117	0.129	0.141	0.152	0.164	0.176	0.188	0.200	0.213	0.226	0.239	0.252	0.265	0.278	0.292	0.305	0.319	0.332	0.346	0.360	0.373	0.387	0.401	0.415	0.428	0.442	0.456	0.470
$\nu = 0.7$	0.047	0.071	0.090	0.105	0.119	0.131	0.143	0.155	0.167	0.180	0.192	0.204	0.217	0.229	0.242	0.255	0.268	0.281	0.295	0.308	0.322	0.335	0.348	0.362	0.375	0.389	0.403	0.416	0.430	0.444	0.458
$\nu = 0.8$	0.015	0.043	0.068	0.088	0.104	0.118	0.132	0.144	0.156	0.169	0.182	0.195	0.208	0.221	0.233	0.246	0.259	0.271	0.285	0.297	0.311	0.324	0.337	0.351	0.364	0.378	0.391	0.405	0.419	0.432	0.446
$\nu = 0.9$		0.013	0.039	0.064	0.085	0.103	0.118	0.131	0.145	0.158	0.170	0.183	0.195	0.208	0.222	0.235	0.249	0.262	0.274	0.287	0.300	0.313	0.327	0.340	0.353	0.367	0.380	0.394	0.407	0.421	0.434
$\nu = 1.0$			0.011	0.036	0.061	0.082	0.100	0.117	0.131	0.145	0.158	0.171	0.183	0.196	0.209	0.223	0.236	0.250	0.264	0.277	0.290	0.303	0.316	0.329	0.343	0.356	0.369	0.382	0.396	0.409	0.423
$\nu = 1.1$				0.009	0.032	0.057	0.079	0.098	0.114	0.130	0.144	0.157	0.171	0.184	0.196	0.210	0.223	0.237	0.250	0.264	0.278	0.292	0.306	0.319	0.332	0.345	0.358	0.371	0.385	0.398	0.412
$\nu = 1.2$					0.008	0.030	0.053	0.076	0.095	0.112	0.128	0.143	0.157	0.170	0.184	0.197	0.210	0.223	0.236	0.250	0.264	0.278	0.292	0.306	0.320	0.334	0.348	0.361	0.374	0.387	0.400
$\nu = 1.3$						0.007	0.028	0.050	0.073	0.092	0.111	0.127	0.142	0.156	0.170	0.183	0.196	0.210	0.223	0.237	0.250	0.264	0.278	0.291	0.306	0.320	0.334	0.349	0.363	0.376	0.389
$\nu = 1.4$							0.006	0.026	0.048	0.070	0.090	0.108	0.125	0.141	0.155	0.169	0.183	0.196	0.210	0.223	0.237	0.250	0.264	0.277	0.291	0.305	0.319	0.333	0.347	0.362	0.377
$\nu = 1.5$								0.006	0.025	0.045	0.067	0.088	0.106	0.123	0.139	0.154	0.168	0.182	0.196	0.209	0.223	0.236	0.250	0.263	0.277	0.291	0.305	0.319	0.333	0.347	0.362
$\nu = 1.6$									0.006	0.023	0.043	0.064	0.086	0.104	0.121	0.137	0.153	0.167	0.182	0.195	0.209	0.222	0.236	0.250	0.263	0.277	0.290	0.305	0.318	0.333	0.347
$\nu = 1.7$										0.005	0.022	0.041	0.061	0.082	0.102	0.119	0.135	0.151	0.166	0.180	0.195	0.208	0.222	0.236	0.249	0.263	0.276	0.290	0.304	0.318	0.332
$\nu = 1.8$											0.005	0.021	0.040	0.059	0.079	0.100	0.117	0.134	0.149	0.165	0.179	0.194	0.208	0.221	0.235	0.249	0.263	0.276	0.290	0.304	0.318
$\nu = 1.9$												0.004	0.020	0.038	0.057	0.077	0.098	0.115	0.132	0.148	0.163	0.179	0.193	0.207	0.221	0.235	0.248	0.262	0.276	0.290	0.303
$\nu = 2.0$													0.002	0.019	0.036	0.055	0.075	0.095	0.114	0.130	0.147	0.162	0.177	0.192	0.206	0.220	0.234	0.248	0.262	0.275	0.289
$\nu = 2.1$														0.001	0.018	0.035	0.054	0.072	0.092	0.112	0.129	0.145	0.161	0.176	0.191	0.206	0.220	0.233	0.248	0.262	0.275
$\nu = 2.2$																0.018	0.034	0.052	0.070	0.090	0.110	0.128	0.143	0.160	0.175	0.190	0.205	0.219	0.233	0.246	0.261
$\nu = 2.3$																	0.017	0.033	0.051	0.069	0.089	0.108	0.125	0.143	0.158	0.174	0.189	0.204	0.217	0.232	0.246
$\nu = 2.4$																		0.017	0.032	0.049	0.067	0.086	0.106	0.125	0.140	0.157	0.173	0.187	0.203	0.217	0.232
$\nu = 2.5$																			0.016	0.031	0.048	0.066	0.084	0.104	0.123	0.139	0.155	0.171	0.186	0.201	0.216



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,25$ e $\lambda = 60$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

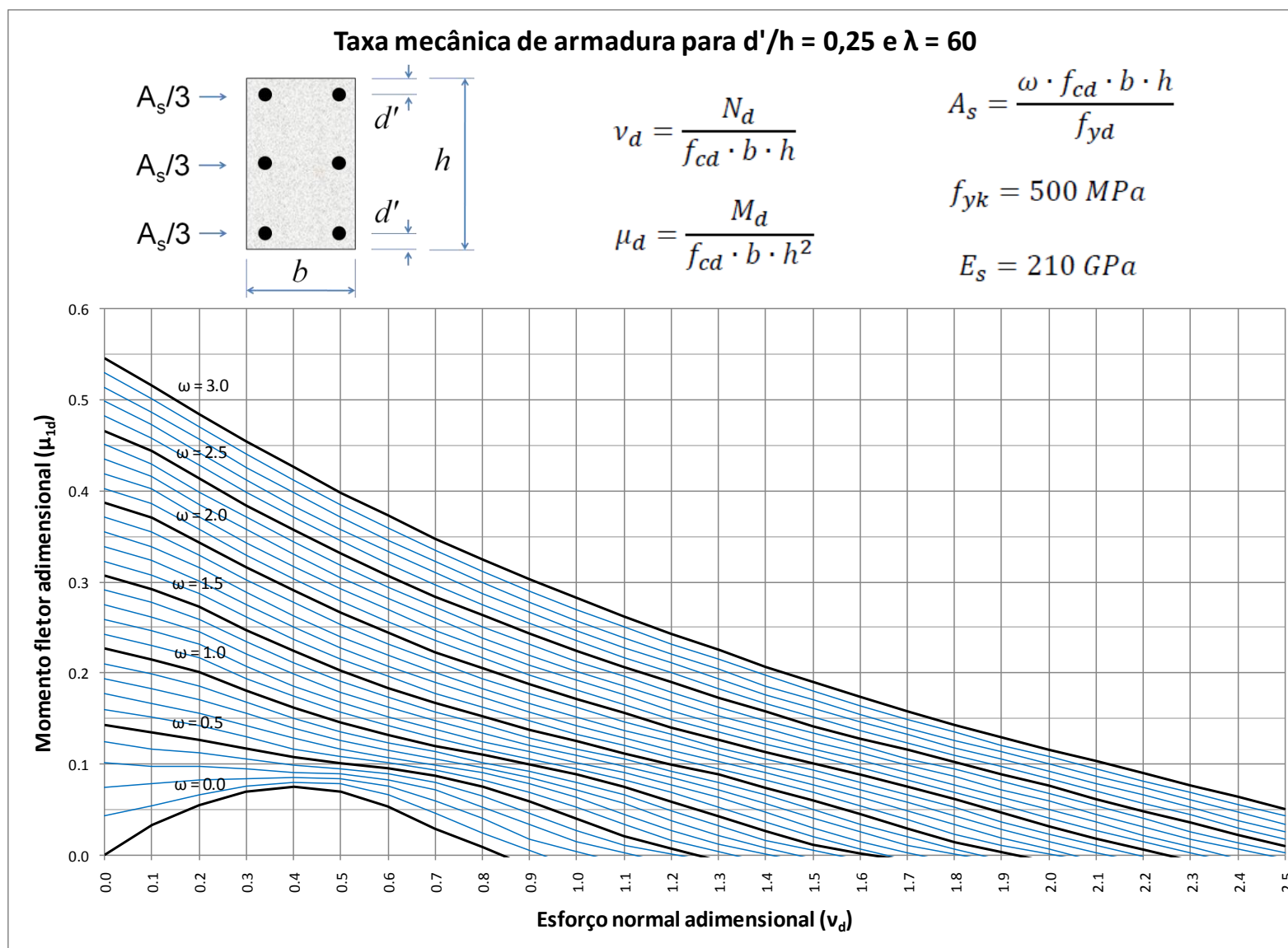
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

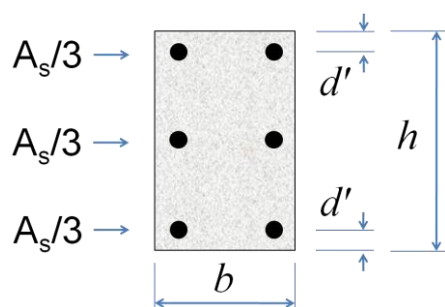
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$	
$v = 0.0$	0.000	0.043	0.074	0.101	0.125	0.143	0.160	0.177	0.194	0.210	0.227	0.243	0.259	0.275	0.291	0.307	0.323	0.339	0.355	0.371	0.387	0.403	0.419	0.435	0.451	0.466	0.482	0.498	0.514	0.530	0.546	
$v = 0.1$	0.033	0.054	0.078	0.098	0.117	0.134	0.151	0.167	0.183	0.199	0.214	0.230	0.246	0.261	0.277	0.292	0.308	0.324	0.339	0.355	0.371	0.386	0.402	0.416	0.430	0.444	0.458	0.473	0.487	0.501	0.515	
$v = 0.2$	0.055	0.066	0.082	0.097	0.112	0.127	0.142	0.156	0.171	0.186	0.201	0.216	0.231	0.245	0.259	0.273	0.287	0.301	0.315	0.329	0.343	0.357	0.371	0.385	0.399	0.414	0.428	0.442	0.456	0.470	0.484	
$v = 0.3$	0.070	0.075	0.084	0.094	0.106	0.117	0.130	0.142	0.155	0.168	0.181	0.194	0.207	0.221	0.234	0.247	0.261	0.275	0.288	0.302	0.316	0.329	0.343	0.357	0.371	0.384	0.398	0.412	0.426	0.440	0.454	
$v = 0.4$	0.075	0.080	0.085	0.091	0.099	0.108	0.117	0.128	0.139	0.150	0.162	0.174	0.186	0.199	0.211	0.224	0.237	0.250	0.263	0.277	0.290	0.303	0.317	0.330	0.344	0.357	0.371	0.384	0.398	0.412	0.426	
$v = 0.5$	0.070	0.078	0.084	0.089	0.095	0.101	0.108	0.117	0.126	0.135	0.146	0.157	0.168	0.179	0.191	0.203	0.215	0.228	0.240	0.253	0.266	0.279	0.292	0.305	0.318	0.331	0.345	0.358	0.371	0.385	0.398	
$v = 0.6$	0.053	0.066	0.075	0.083	0.089	0.095	0.101	0.107	0.115	0.123	0.132	0.142	0.152	0.162	0.173	0.184	0.196	0.207	0.219	0.231	0.244	0.256	0.269	0.282	0.294	0.307	0.320	0.333	0.346	0.359	0.373	
$v = 0.7$	0.029	0.046	0.060	0.071	0.080	0.087	0.093	0.099	0.105	0.113	0.120	0.129	0.138	0.147	0.157	0.167	0.178	0.189	0.200	0.212	0.223	0.235	0.247	0.260	0.272	0.284	0.297	0.310	0.322	0.335	0.348	
$v = 0.8$	0.008	0.024	0.040	0.053	0.065	0.075	0.083	0.090	0.096	0.102	0.110	0.117	0.125	0.134	0.143	0.152	0.162	0.173	0.183	0.194	0.205	0.216	0.227	0.239	0.251	0.263	0.275	0.287	0.300	0.312	0.325	
$v = 0.9$		0.005	0.018	0.033	0.046	0.059	0.069	0.078	0.085	0.092	0.099	0.106	0.113	0.121	0.129	0.138	0.147	0.157	0.167	0.177	0.187	0.198	0.209	0.220	0.231	0.243	0.255	0.267	0.278	0.290	0.303	
$v = 1.0$			0.004	0.014	0.027	0.040	0.052	0.063	0.072	0.080	0.088	0.095	0.102	0.109	0.117	0.125	0.133	0.142	0.152	0.162	0.171	0.181	0.192	0.202	0.213	0.224	0.235	0.247	0.258	0.270	0.282	
$v = 1.1$				0.002	0.010	0.021	0.033	0.045	0.056	0.066	0.075	0.083	0.090	0.097	0.105	0.112	0.120	0.128	0.137	0.146	0.156	0.165	0.176	0.185	0.196	0.206	0.217	0.228	0.239	0.250	0.262	
$v = 1.2$					0.001	0.007	0.016	0.027	0.038	0.049	0.059	0.069	0.077	0.085	0.092	0.100	0.107	0.115	0.124	0.132	0.140	0.149	0.159	0.169	0.179	0.190	0.200	0.211	0.221	0.232	0.243	
$v = 1.3$							0.004	0.012	0.021	0.032	0.042	0.053	0.063	0.072	0.080	0.088	0.095	0.103	0.111	0.118	0.127	0.135	0.144	0.153	0.163	0.173	0.183	0.193	0.204	0.215	0.225	
$v = 1.4$								0.001	0.008	0.016	0.026	0.036	0.047	0.057	0.066	0.074	0.083	0.090	0.098	0.106	0.113	0.122	0.130	0.139	0.148	0.157	0.167	0.176	0.186	0.197	0.207	
$v = 1.5$									0.005	0.011	0.020	0.030	0.041	0.050	0.060	0.069	0.077	0.085	0.093	0.101	0.109	0.116	0.125	0.134	0.142	0.151	0.161	0.170	0.180	0.190		
$v = 1.6$											0.002	0.007	0.015	0.025	0.034	0.045	0.054	0.063	0.072	0.080	0.088	0.096	0.104	0.112	0.120	0.128	0.137	0.146	0.154	0.164	0.174	
$v = 1.7$												0.003	0.011	0.020	0.029	0.039	0.048	0.058	0.066	0.075	0.082	0.091	0.099	0.106	0.115	0.123	0.132	0.140	0.149	0.158		
$v = 1.8$													0.001	0.007	0.014	0.023	0.033	0.043	0.052	0.061	0.069	0.077	0.086	0.094	0.102	0.110	0.118	0.126	0.135	0.143		
$v = 1.9$														0.003	0.010	0.019	0.028	0.037	0.047	0.055	0.064	0.072	0.081	0.088	0.097	0.105	0.113	0.121	0.129			
$v = 2.0$																0.001	0.006	0.014	0.023	0.032	0.041	0.050	0.059	0.067	0.076	0.084	0.092	0.100	0.108	0.116		
$v = 2.1$																		0.003	0.011	0.018	0.027	0.036	0.045	0.054	0.062	0.070	0.079	0.087	0.095	0.103		
$v = 2.2$																			0.006	0.014	0.022	0.031	0.040	0.048	0.057	0.066	0.074	0.081	0.090			
$v = 2.3$																						0.002	0.009	0.017	0.026	0.035	0.044	0.052	0.061	0.069	0.077	
$v = 2.4$																								0.006	0.013	0.022	0.030	0.038	0.047	0.055	0.064	
$v = 2.5$																										0.003	0.010	0.018	0.025	0.034	0.043	0.051



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,25$ e $\lambda = 90$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

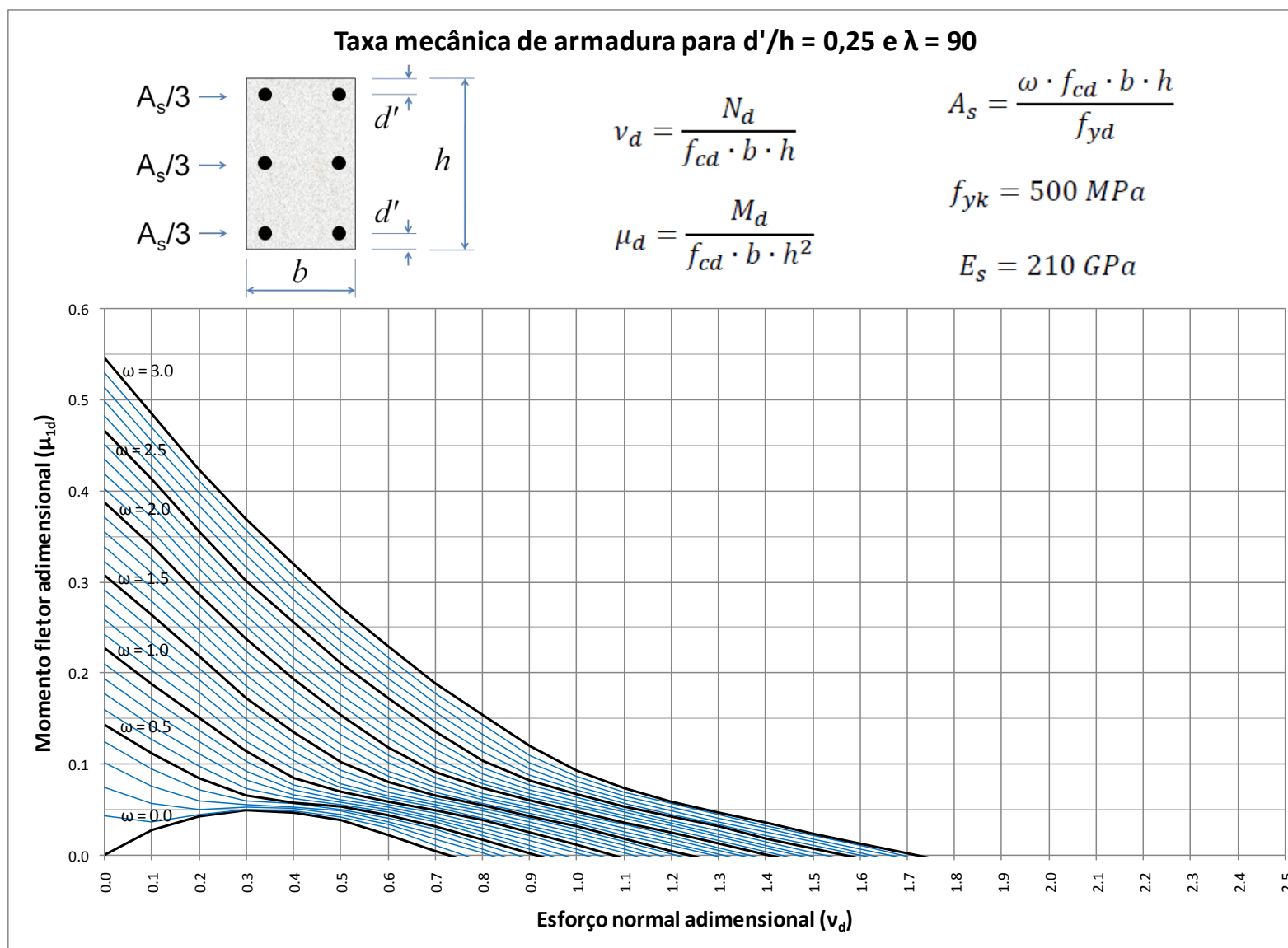
$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

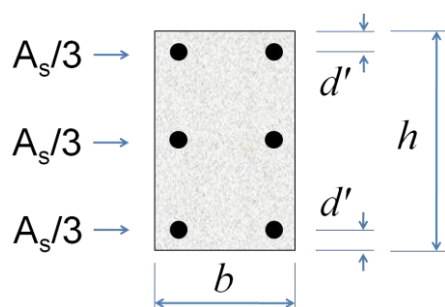
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$	
$\mathbf{v} = 0.0$	0.000	0.043	0.074	0.101	0.125	0.143	0.160	0.177	0.194	0.210	0.227	0.243	0.259	0.275	0.291	0.307	0.323	0.339	0.355	0.371	0.387	0.403	0.419	0.435	0.451	0.466	0.482	0.498	0.514	0.530	0.546	
$\mathbf{v} = 0.1$	0.028	0.037	0.056	0.075	0.094	0.111	0.127	0.142	0.157	0.172	0.188	0.203	0.218	0.233	0.248	0.264	0.279	0.294	0.310	0.325	0.340	0.356	0.371	0.385	0.399	0.413	0.427	0.441	0.455	0.470	0.484	
$\mathbf{v} = 0.2$	0.043	0.045	0.050	0.060	0.072	0.085	0.098	0.111	0.124	0.137	0.151	0.165	0.179	0.192	0.205	0.219	0.232	0.246	0.259	0.273	0.287	0.300	0.314	0.328	0.341	0.355	0.369	0.383	0.397	0.411	0.424	
$\mathbf{v} = 0.3$	0.049	0.050	0.052	0.055	0.059	0.065	0.073	0.082	0.092	0.103	0.114	0.125	0.137	0.149	0.161	0.173	0.186	0.198	0.211	0.224	0.237	0.250	0.263	0.276	0.289	0.302	0.316	0.329	0.343	0.356	0.369	
$\mathbf{v} = 0.4$	0.047	0.049	0.051	0.053	0.056	0.058	0.062	0.066	0.071	0.077	0.085	0.094	0.104	0.114	0.124	0.135	0.146	0.157	0.169	0.181	0.193	0.205	0.217	0.229	0.242	0.255	0.267	0.280	0.293	0.306	0.319	
$\mathbf{v} = 0.5$	0.039	0.042	0.045	0.048	0.050	0.053	0.055	0.058	0.061	0.065	0.069	0.074	0.079	0.086	0.093	0.102	0.112	0.122	0.132	0.143	0.154	0.165	0.176	0.188	0.199	0.211	0.223	0.235	0.247	0.260	0.272	
$\mathbf{v} = 0.6$	0.022	0.029	0.034	0.037	0.041	0.044	0.047	0.050	0.053	0.055	0.059	0.062	0.065	0.069	0.074	0.080	0.086	0.092	0.101	0.110	0.119	0.129	0.140	0.150	0.161	0.172	0.183	0.194	0.206	0.217	0.229	
$\mathbf{v} = 0.7$	0.005	0.011	0.018	0.023	0.028	0.032	0.036	0.039	0.042	0.046	0.049	0.052	0.055	0.058	0.062	0.065	0.069	0.074	0.079	0.085	0.091	0.098	0.107	0.117	0.126	0.136	0.146	0.157	0.167	0.178	0.189	
$\mathbf{v} = 0.8$			0.002	0.006	0.012	0.017	0.022	0.026	0.030	0.034	0.038	0.041	0.044	0.048	0.051	0.054	0.057	0.061	0.064	0.068	0.073	0.078	0.083	0.089	0.096	0.104	0.114	0.123	0.133	0.143	0.153	
$\mathbf{v} = 0.9$					0.002	0.006	0.011	0.016	0.021	0.025	0.029	0.032	0.036	0.040	0.043	0.046	0.050	0.053	0.056	0.060	0.063	0.068	0.072	0.077	0.082	0.088	0.094	0.102	0.110	0.120		
$\mathbf{v} = 1.0$									0.002	0.006	0.011	0.016	0.020	0.024	0.028	0.031	0.035	0.038	0.042	0.045	0.048	0.052	0.055	0.059	0.063	0.067	0.071	0.076	0.081	0.086	0.092	
$\mathbf{v} = 1.1$												0.002	0.006	0.010	0.014	0.018	0.022	0.026	0.030	0.033	0.036	0.040	0.043	0.047	0.050	0.053	0.057	0.061	0.065	0.069	0.074	
$\mathbf{v} = 1.2$															0.001	0.005	0.010	0.013	0.017	0.021	0.025	0.028	0.032	0.035	0.038	0.042	0.045	0.049	0.052	0.056	0.059	
$\mathbf{v} = 1.3$																		0.001	0.005	0.008	0.012	0.016	0.020	0.023	0.027	0.031	0.034	0.037	0.040	0.044	0.047	
$\mathbf{v} = 1.4$																					0.001	0.004	0.008	0.011	0.015	0.018	0.022	0.025	0.029	0.032	0.036	
$\mathbf{v} = 1.5$																									0.003	0.007	0.011	0.014	0.017	0.021	0.024	
$\mathbf{v} = 1.6$																																
$\mathbf{v} = 1.7$																																
$\mathbf{v} = 1.8$																																
$\mathbf{v} = 1.9$																																
$\mathbf{v} = 2.0$																																
$\mathbf{v} = 2.1$																																
$\mathbf{v} = 2.2$																																
$\mathbf{v} = 2.3$																																
$\mathbf{v} = 2.4$																																
$\mathbf{v} = 2.5$																																



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,30$ e $\lambda = 0$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

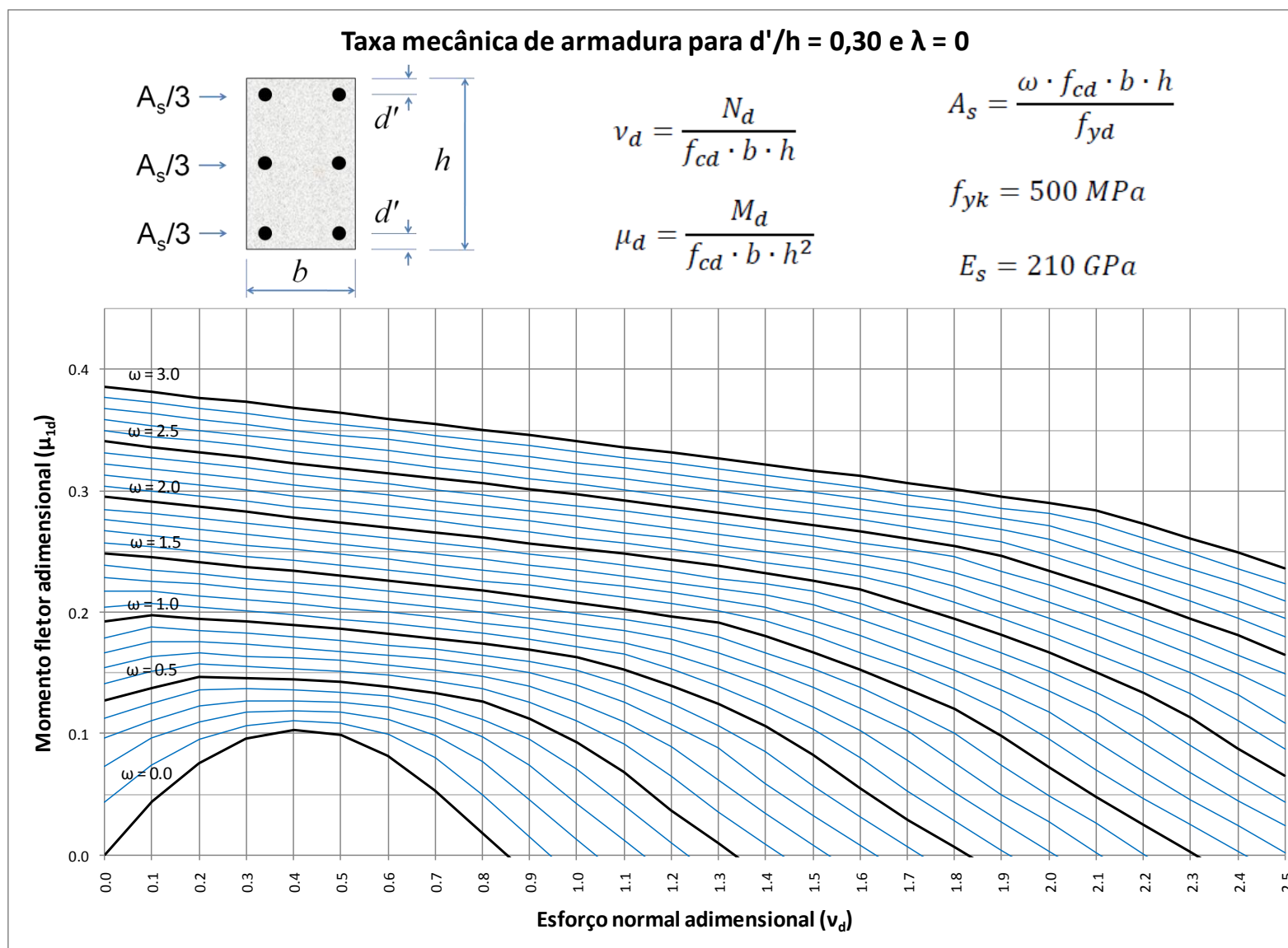
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

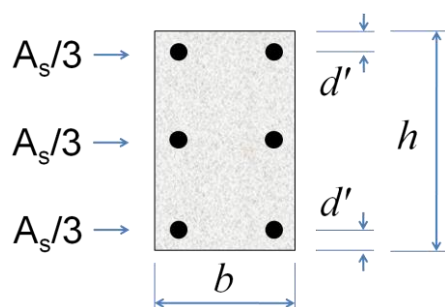
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\mathbf{v = 0.0}$	0.000	0.044	0.073	0.096	0.113	0.127	0.141	0.154	0.167	0.179	0.192	0.204	0.217	0.229	0.239	0.248	0.257	0.267	0.276	0.285	0.295	0.304	0.313	0.322	0.331	0.341	0.350	0.359	0.368	0.377	0.386
$\mathbf{v = 0.1}$	0.044	0.074	0.096	0.111	0.125	0.138	0.151	0.164	0.176	0.188	0.198	0.207	0.217	0.226	0.235	0.245	0.254	0.263	0.272	0.281	0.291	0.300	0.309	0.318	0.327	0.336	0.345	0.354	0.364	0.373	0.382
$\mathbf{v = 0.2}$	0.076	0.095	0.110	0.123	0.136	0.147	0.157	0.167	0.176	0.185	0.195	0.204	0.213	0.223	0.232	0.241	0.250	0.259	0.268	0.277	0.287	0.296	0.305	0.314	0.323	0.332	0.341	0.350	0.359	0.368	0.377
$\mathbf{v = 0.3}$	0.096	0.107	0.118	0.127	0.137	0.146	0.155	0.164	0.174	0.183	0.192	0.201	0.210	0.219	0.228	0.237	0.246	0.255	0.264	0.273	0.283	0.292	0.301	0.310	0.319	0.328	0.337	0.346	0.355	0.364	0.373
$\mathbf{v = 0.4}$	0.103	0.111	0.119	0.127	0.136	0.145	0.153	0.162	0.171	0.180	0.189	0.198	0.207	0.216	0.225	0.234	0.243	0.252	0.260	0.269	0.278	0.287	0.296	0.305	0.314	0.323	0.332	0.341	0.350	0.359	0.368
$\mathbf{v = 0.5}$	0.099	0.109	0.118	0.126	0.134	0.143	0.151	0.160	0.168	0.177	0.186	0.194	0.203	0.212	0.221	0.230	0.239	0.248	0.256	0.265	0.274	0.283	0.292	0.301	0.310	0.319	0.328	0.337	0.346	0.355	0.364
$\mathbf{v = 0.6}$	0.082	0.099	0.112	0.122	0.131	0.139	0.148	0.156	0.165	0.173	0.182	0.191	0.200	0.208	0.217	0.226	0.235	0.244	0.252	0.261	0.270	0.279	0.288	0.297	0.306	0.315	0.324	0.333	0.342	0.351	0.359
$\mathbf{v = 0.7}$	0.053	0.080	0.098	0.113	0.124	0.134	0.143	0.152	0.161	0.170	0.178	0.187	0.196	0.204	0.213	0.222	0.231	0.239	0.248	0.257	0.266	0.275	0.284	0.292	0.301	0.310	0.319	0.328	0.337	0.346	0.355
$\mathbf{v = 0.8}$	0.018	0.050	0.077	0.097	0.112	0.126	0.137	0.147	0.156	0.165	0.174	0.183	0.191	0.200	0.209	0.218	0.226	0.235	0.244	0.253	0.262	0.270	0.279	0.288	0.297	0.306	0.315	0.324	0.332	0.341	0.350
$\mathbf{v = 0.9}$		0.015	0.046	0.074	0.095	0.112	0.126	0.139	0.150	0.159	0.169	0.178	0.187	0.195	0.204	0.213	0.222	0.231	0.239	0.248	0.257	0.266	0.275	0.284	0.292	0.301	0.310	0.319	0.328	0.337	0.346
$\mathbf{v = 1.0}$			0.013	0.043	0.071	0.093	0.111	0.126	0.140	0.152	0.163	0.172	0.181	0.190	0.199	0.208	0.217	0.226	0.235	0.244	0.252	0.261	0.270	0.279	0.288	0.297	0.306	0.314	0.323	0.332	0.341
$\mathbf{v = 1.1}$				0.012	0.040	0.068	0.091	0.110	0.126	0.140	0.153	0.166	0.175	0.185	0.194	0.203	0.212	0.221	0.230	0.239	0.248	0.257	0.265	0.274	0.283	0.292	0.301	0.310	0.319	0.327	0.336
$\mathbf{v = 1.2}$					0.010	0.037	0.065	0.089	0.108	0.125	0.140	0.153	0.166	0.178	0.188	0.197	0.207	0.216	0.225	0.234	0.243	0.252	0.261	0.269	0.278	0.287	0.296	0.305	0.314	0.323	0.332
$\mathbf{v = 1.3}$						0.009	0.035	0.062	0.088	0.107	0.124	0.139	0.153	0.167	0.180	0.191	0.201	0.210	0.219	0.228	0.238	0.247	0.255	0.264	0.273	0.282	0.291	0.300	0.309	0.318	0.327
$\mathbf{v = 1.4}$							0.009	0.034	0.059	0.085	0.106	0.123	0.139	0.153	0.167	0.180	0.193	0.204	0.214	0.223	0.232	0.241	0.250	0.259	0.268	0.277	0.286	0.295	0.304	0.313	0.322
$\mathbf{v = 1.5}$								0.008	0.032	0.057	0.083	0.104	0.122	0.138	0.153	0.167	0.181	0.193	0.206	0.217	0.226	0.236	0.245	0.254	0.263	0.272	0.281	0.290	0.299	0.308	0.317
$\mathbf{v = 1.6}$									0.008	0.031	0.055	0.080	0.103	0.121	0.138	0.153	0.167	0.181	0.194	0.207	0.219	0.230	0.239	0.248	0.257	0.267	0.276	0.285	0.294	0.303	0.312
$\mathbf{v = 1.7}$										0.007	0.029	0.053	0.078	0.102	0.120	0.137	0.153	0.167	0.181	0.194	0.207	0.220	0.232	0.242	0.252	0.261	0.270	0.279	0.288	0.297	0.306
$\mathbf{v = 1.8}$											0.006	0.028	0.052	0.076	0.100	0.120	0.137	0.152	0.167	0.181	0.195	0.208	0.221	0.233	0.246	0.255	0.264	0.274	0.283	0.292	0.301
$\mathbf{v = 1.9}$												0.004	0.027	0.050	0.074	0.098	0.119	0.136	0.152	0.167	0.181	0.195	0.208	0.221	0.234	0.246	0.258	0.268	0.277	0.286	0.295
$\mathbf{v = 2.0}$													0.003	0.027	0.049	0.072	0.095	0.118	0.135	0.151	0.167	0.181	0.195	0.208	0.222	0.234	0.247	0.260	0.271	0.281	0.290
$\mathbf{v = 2.1}$														0.002	0.026	0.048	0.070	0.093	0.117	0.134	0.151	0.166	0.181	0.195	0.209	0.222	0.235	0.248	0.260	0.273	0.284
$\mathbf{v = 2.2}$															0.001	0.025	0.047	0.069	0.092	0.115	0.134	0.150	0.166	0.181	0.195	0.209	0.222	0.235	0.248	0.261	0.273
$\mathbf{v = 2.3}$																0.025	0.046	0.068	0.090	0.113	0.133	0.150	0.166	0.181	0.195	0.209	0.222	0.236	0.249	0.261	
$\mathbf{v = 2.4}$																	0.024	0.045	0.066	0.088	0.111	0.132	0.149	0.165	0.181	0.195	0.209	0.223	0.236	0.249	
$\mathbf{v = 2.5}$																		0.024	0.044	0.065	0.087	0.109	0.131	0.149	0.165	0.180	0.195	0.209	0.223	0.236	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,30$ e $\lambda = 30$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

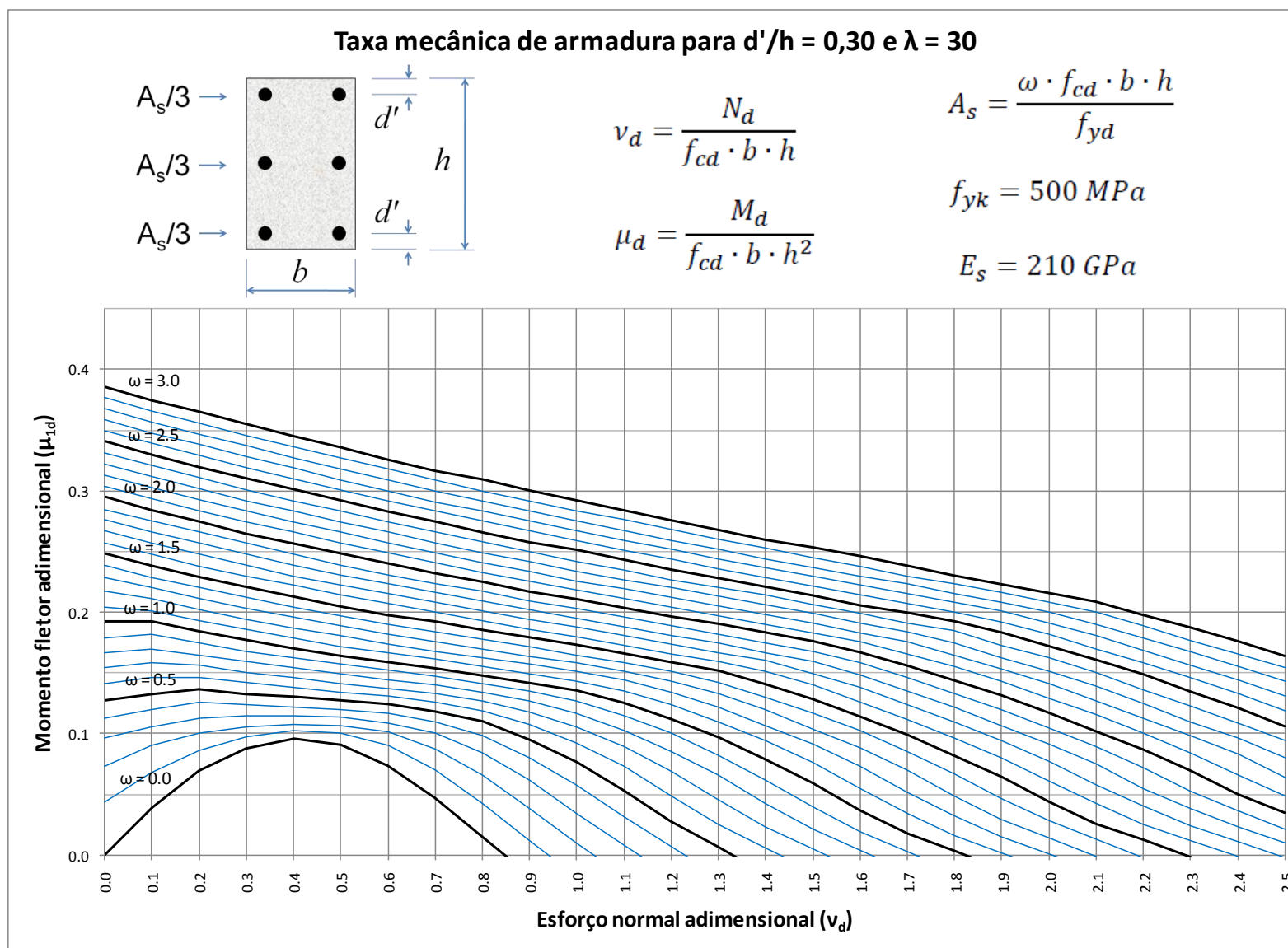
$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

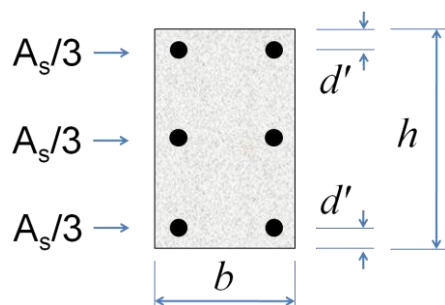
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\nu = 0.0$	0.000	0.044	0.073	0.096	0.113	0.127	0.141	0.154	0.167	0.179	0.192	0.204	0.217	0.229	0.239	0.248	0.257	0.267	0.276	0.285	0.295	0.304	0.313	0.322	0.331	0.341	0.350	0.359	0.368	0.377	0.386
$\nu = 0.1$	0.039	0.068	0.090	0.106	0.120	0.133	0.146	0.158	0.170	0.182	0.192	0.201	0.211	0.220	0.229	0.238	0.248	0.257	0.266	0.275	0.284	0.294	0.303	0.312	0.321	0.330	0.339	0.348	0.357	0.366	0.375
$\nu = 0.2$	0.069	0.086	0.100	0.113	0.126	0.137	0.146	0.156	0.165	0.175	0.184	0.193	0.202	0.211	0.220	0.229	0.238	0.248	0.257	0.266	0.275	0.284	0.293	0.302	0.311	0.320	0.329	0.338	0.347	0.356	0.365
$\nu = 0.3$	0.088	0.097	0.106	0.115	0.124	0.133	0.142	0.150	0.159	0.168	0.177	0.186	0.194	0.203	0.212	0.221	0.230	0.239	0.248	0.257	0.265	0.274	0.283	0.292	0.301	0.310	0.319	0.328	0.337	0.346	0.355
$\nu = 0.4$	0.096	0.102	0.108	0.115	0.122	0.130	0.138	0.146	0.154	0.162	0.170	0.179	0.187	0.196	0.204	0.213	0.222	0.230	0.239	0.248	0.257	0.266	0.274	0.283	0.292	0.301	0.310	0.319	0.327	0.336	0.345
$\nu = 0.5$	0.091	0.100	0.107	0.114	0.120	0.127	0.134	0.141	0.149	0.157	0.164	0.172	0.181	0.189	0.197	0.205	0.214	0.222	0.231	0.239	0.248	0.257	0.266	0.274	0.283	0.292	0.301	0.309	0.318	0.327	0.336
$\nu = 0.6$	0.074	0.090	0.101	0.109	0.117	0.124	0.131	0.137	0.144	0.152	0.159	0.167	0.174	0.182	0.190	0.198	0.207	0.215	0.223	0.231	0.240	0.249	0.257	0.266	0.274	0.283	0.292	0.300	0.309	0.318	0.326
$\nu = 0.7$	0.047	0.070	0.087	0.100	0.110	0.118	0.126	0.133	0.140	0.147	0.154	0.161	0.168	0.176	0.184	0.192	0.200	0.208	0.216	0.224	0.232	0.241	0.249	0.257	0.266	0.275	0.283	0.291	0.300	0.309	0.317
$\nu = 0.8$	0.015	0.042	0.066	0.084	0.098	0.110	0.119	0.127	0.134	0.141	0.148	0.155	0.163	0.170	0.178	0.185	0.193	0.201	0.209	0.217	0.225	0.233	0.241	0.249	0.258	0.266	0.275	0.283	0.292	0.300	0.309
$\nu = 0.9$		0.012	0.038	0.062	0.080	0.095	0.108	0.118	0.127	0.135	0.142	0.149	0.157	0.164	0.172	0.179	0.186	0.194	0.202	0.209	0.217	0.226	0.234	0.242	0.250	0.258	0.267	0.275	0.283	0.292	0.300
$\nu = 1.0$			0.010	0.034	0.058	0.077	0.092	0.106	0.117	0.127	0.136	0.143	0.151	0.158	0.165	0.173	0.180	0.188	0.195	0.203	0.211	0.218	0.226	0.234	0.242	0.251	0.259	0.267	0.275	0.284	0.292
$\nu = 1.1$				0.008	0.031	0.053	0.073	0.089	0.103	0.115	0.125	0.135	0.144	0.151	0.158	0.166	0.173	0.181	0.188	0.196	0.204	0.211	0.219	0.227	0.235	0.243	0.251	0.259	0.267	0.276	0.284
$\nu = 1.2$					0.007	0.028	0.049	0.069	0.085	0.100	0.112	0.124	0.134	0.143	0.151	0.159	0.166	0.174	0.181	0.189	0.197	0.204	0.212	0.220	0.227	0.235	0.244	0.252	0.259	0.268	0.276
$\nu = 1.3$						0.006	0.025	0.046	0.066	0.082	0.097	0.110	0.122	0.133	0.142	0.152	0.159	0.167	0.175	0.182	0.190	0.197	0.205	0.213	0.220	0.228	0.236	0.244	0.252	0.260	0.268
$\nu = 1.4$							0.006	0.023	0.042	0.062	0.079	0.094	0.107	0.120	0.130	0.141	0.151	0.160	0.167	0.175	0.183	0.190	0.198	0.206	0.214	0.221	0.229	0.237	0.244	0.253	0.260
$\nu = 1.5$								0.005	0.021	0.039	0.059	0.076	0.091	0.104	0.117	0.128	0.140	0.149	0.159	0.168	0.176	0.183	0.191	0.199	0.206	0.214	0.221	0.230	0.237	0.245	0.253
$\nu = 1.6$									0.004	0.019	0.037	0.055	0.073	0.088	0.102	0.114	0.126	0.138	0.148	0.158	0.167	0.176	0.183	0.191	0.199	0.206	0.214	0.222	0.230	0.238	0.246
$\nu = 1.7$										0.003	0.018	0.034	0.052	0.070	0.085	0.099	0.112	0.124	0.135	0.146	0.156	0.166	0.176	0.184	0.191	0.200	0.207	0.215	0.223	0.230	0.238
$\nu = 1.8$											0.003	0.016	0.032	0.049	0.067	0.082	0.096	0.110	0.122	0.133	0.144	0.155	0.165	0.175	0.185	0.192	0.200	0.208	0.215	0.223	0.230
$\nu = 1.9$												0.002	0.015	0.029	0.047	0.064	0.080	0.094	0.107	0.120	0.131	0.143	0.153	0.163	0.173	0.183	0.192	0.201	0.208	0.216	0.223
$\nu = 2.0$													0.001	0.014	0.028	0.044	0.061	0.077	0.091	0.105	0.117	0.129	0.141	0.151	0.162	0.172	0.182	0.191	0.200	0.208	0.216
$\nu = 2.1$															0.013	0.026	0.042	0.058	0.075	0.089	0.102	0.116	0.129	0.141	0.150	0.161	0.170	0.181	0.190	0.200	0.209
$\nu = 2.2$																0.012	0.025	0.040	0.055	0.072	0.087	0.100	0.113	0.125	0.136	0.149	0.158	0.169	0.179	0.189	0.198
$\nu = 2.3$																	0.012	0.024	0.038	0.053	0.069	0.084	0.098	0.110	0.123	0.135	0.146	0.156	0.168	0.177	0.187
$\nu = 2.4$																		0.011	0.023	0.036	0.050	0.066	0.083	0.096	0.109	0.121	0.133	0.144	0.155	0.166	0.176
$\nu = 2.5$																			0.010	0.021	0.035	0.049	0.064	0.080	0.094	0.106	0.119	0.131	0.143	0.154	0.164



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,30$ e $\lambda = 60$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

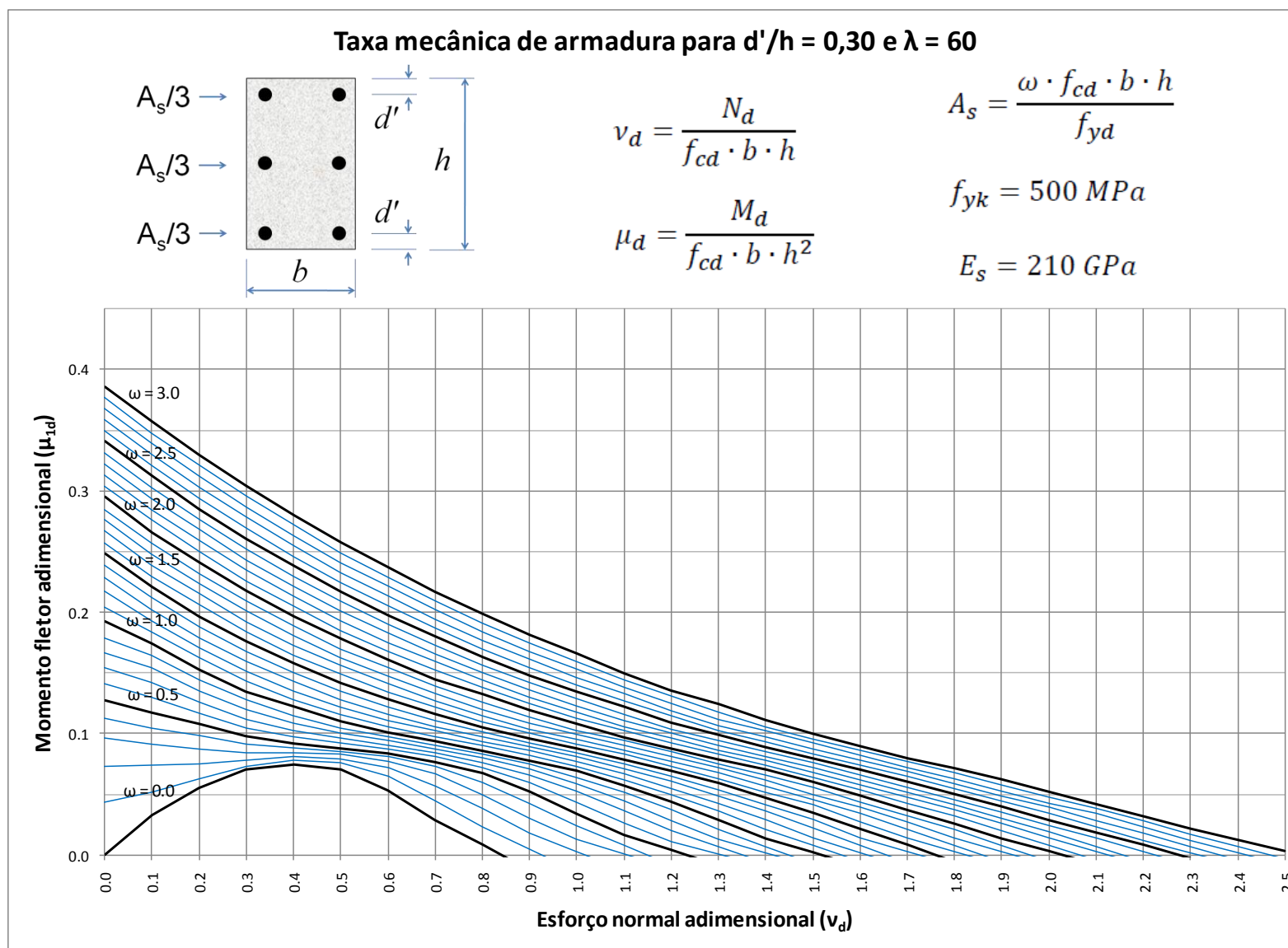
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yk}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

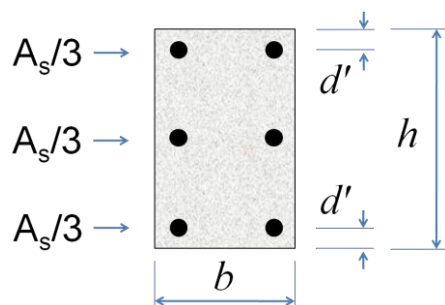
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\nu = 0.0$	0.000	0.044	0.073	0.096	0.113	0.127	0.141	0.154	0.167	0.179	0.192	0.204	0.217	0.229	0.239	0.248	0.257	0.267	0.276	0.285	0.295	0.304	0.313	0.322	0.331	0.341	0.350	0.359	0.368	0.377	0.386
$\nu = 0.1$	0.033	0.052	0.074	0.091	0.105	0.117	0.130	0.142	0.154	0.165	0.174	0.184	0.193	0.202	0.212	0.221	0.230	0.239	0.248	0.257	0.266	0.276	0.285	0.294	0.303	0.312	0.321	0.330	0.339	0.348	0.357
$\nu = 0.2$	0.055	0.063	0.075	0.087	0.098	0.108	0.117	0.126	0.135	0.144	0.153	0.162	0.171	0.179	0.188	0.197	0.206	0.215	0.223	0.232	0.241	0.250	0.259	0.268	0.276	0.285	0.294	0.303	0.312	0.321	0.330
$\nu = 0.3$	0.070	0.073	0.078	0.084	0.091	0.098	0.105	0.112	0.120	0.128	0.135	0.143	0.151	0.159	0.168	0.176	0.184	0.192	0.201	0.209	0.218	0.226	0.235	0.243	0.252	0.261	0.269	0.278	0.287	0.296	0.304
$\nu = 0.4$	0.075	0.078	0.081	0.084	0.088	0.092	0.097	0.103	0.109	0.115	0.122	0.128	0.135	0.143	0.150	0.158	0.165	0.173	0.181	0.189	0.197	0.205	0.213	0.221	0.230	0.238	0.246	0.255	0.263	0.272	0.280
$\nu = 0.5$	0.070	0.076	0.079	0.083	0.085	0.088	0.092	0.096	0.100	0.105	0.110	0.116	0.122	0.128	0.135	0.142	0.149	0.156	0.163	0.170	0.178	0.185	0.193	0.201	0.209	0.217	0.225	0.233	0.241	0.249	0.258
$\nu = 0.6$	0.053	0.065	0.072	0.077	0.081	0.084	0.087	0.090	0.094	0.097	0.101	0.106	0.111	0.116	0.122	0.128	0.134	0.141	0.147	0.154	0.161	0.168	0.175	0.183	0.190	0.198	0.205	0.213	0.221	0.229	0.237
$\nu = 0.7$	0.029	0.045	0.057	0.067	0.073	0.077	0.081	0.084	0.087	0.090	0.094	0.097	0.102	0.106	0.111	0.116	0.122	0.127	0.133	0.139	0.145	0.152	0.159	0.166	0.173	0.180	0.187	0.194	0.202	0.209	0.217
$\nu = 0.8$	0.008	0.023	0.038	0.050	0.060	0.067	0.072	0.076	0.080	0.083	0.086	0.090	0.093	0.097	0.101	0.105	0.110	0.115	0.120	0.126	0.132	0.138	0.144	0.150	0.156	0.163	0.170	0.177	0.184	0.191	0.199
$\nu = 0.9$		0.005	0.018	0.030	0.042	0.052	0.060	0.066	0.071	0.075	0.078	0.082	0.086	0.089	0.092	0.096	0.100	0.104	0.109	0.114	0.119	0.125	0.130	0.136	0.142	0.148	0.154	0.161	0.168	0.175	0.181
$\nu = 1.0$			0.003	0.013	0.024	0.034	0.044	0.053	0.059	0.064	0.069	0.073	0.077	0.081	0.084	0.088	0.091	0.095	0.099	0.103	0.108	0.113	0.118	0.123	0.129	0.135	0.140	0.146	0.153	0.159	0.166
$\nu = 1.1$				0.001	0.008	0.017	0.026	0.036	0.045	0.052	0.057	0.062	0.067	0.071	0.075	0.079	0.083	0.086	0.090	0.094	0.097	0.102	0.106	0.111	0.116	0.122	0.127	0.133	0.138	0.144	0.150
$\nu = 1.2$					0.004	0.011	0.020	0.028	0.037	0.044	0.050	0.055	0.061	0.065	0.069	0.073	0.077	0.081	0.085	0.088	0.092	0.096	0.100	0.104	0.109	0.115	0.119	0.125	0.131	0.136	
$\nu = 1.3$						0.001	0.007	0.013	0.021	0.029	0.036	0.043	0.049	0.054	0.059	0.063	0.068	0.072	0.075	0.079	0.083	0.086	0.090	0.094	0.099	0.103	0.107	0.112	0.118	0.124	
$\nu = 1.4$							0.002	0.014	0.021	0.029	0.036	0.041	0.047	0.052	0.057	0.062	0.066	0.070	0.074	0.078	0.081	0.085	0.089	0.093	0.097	0.102	0.106	0.111			
$\nu = 1.5$								0.002	0.008	0.014	0.022	0.029	0.035	0.041	0.046	0.050	0.056	0.060	0.064	0.068	0.072	0.076	0.080	0.083	0.087	0.092	0.095	0.100			
$\nu = 1.6$									0.002	0.008	0.014	0.022	0.027	0.034	0.039	0.044	0.049	0.054	0.058	0.062	0.066	0.070	0.074	0.078	0.082	0.086	0.090				
$\nu = 1.7$										0.003	0.008	0.014	0.022	0.027	0.034	0.039	0.044	0.049	0.054	0.058	0.062	0.066	0.070	0.074	0.078	0.082	0.086	0.090			
$\nu = 1.8$											0.003	0.008	0.014	0.021	0.027	0.032	0.037	0.043	0.048	0.052	0.056	0.060	0.065	0.069	0.072	0.077	0.080				
$\nu = 1.9$												0.003	0.008	0.014	0.021	0.026	0.032	0.037	0.041	0.046	0.050	0.055	0.059	0.063	0.068	0.071					
$\nu = 2.0$													0.003	0.008	0.014	0.020	0.026	0.030	0.035	0.040	0.045	0.049	0.053	0.058	0.062	0.067	0.071				
$\nu = 2.1$														0.003	0.008	0.014	0.019	0.024	0.029	0.034	0.039	0.043	0.048	0.052	0.057	0.061	0.066	0.070			
$\nu = 2.2$															0.003	0.008	0.014	0.019	0.024	0.029	0.034	0.039	0.043	0.048	0.052	0.057	0.061	0.066	0.070		
$\nu = 2.3$																0.003	0.008	0.014	0.019	0.024	0.029	0.034	0.039	0.043	0.048	0.052	0.057	0.061	0.066	0.070	
$\nu = 2.4$																	0.003	0.008	0.014	0.019	0.024	0.029	0.034	0.039	0.043	0.048	0.052	0.057	0.061	0.066	0.070
$\nu = 2.5$																		0.003	0.008	0.014	0.019	0.024	0.029	0.034	0.039	0.043	0.048	0.052	0.057	0.061	0.066



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,30$ e $\lambda = 90$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

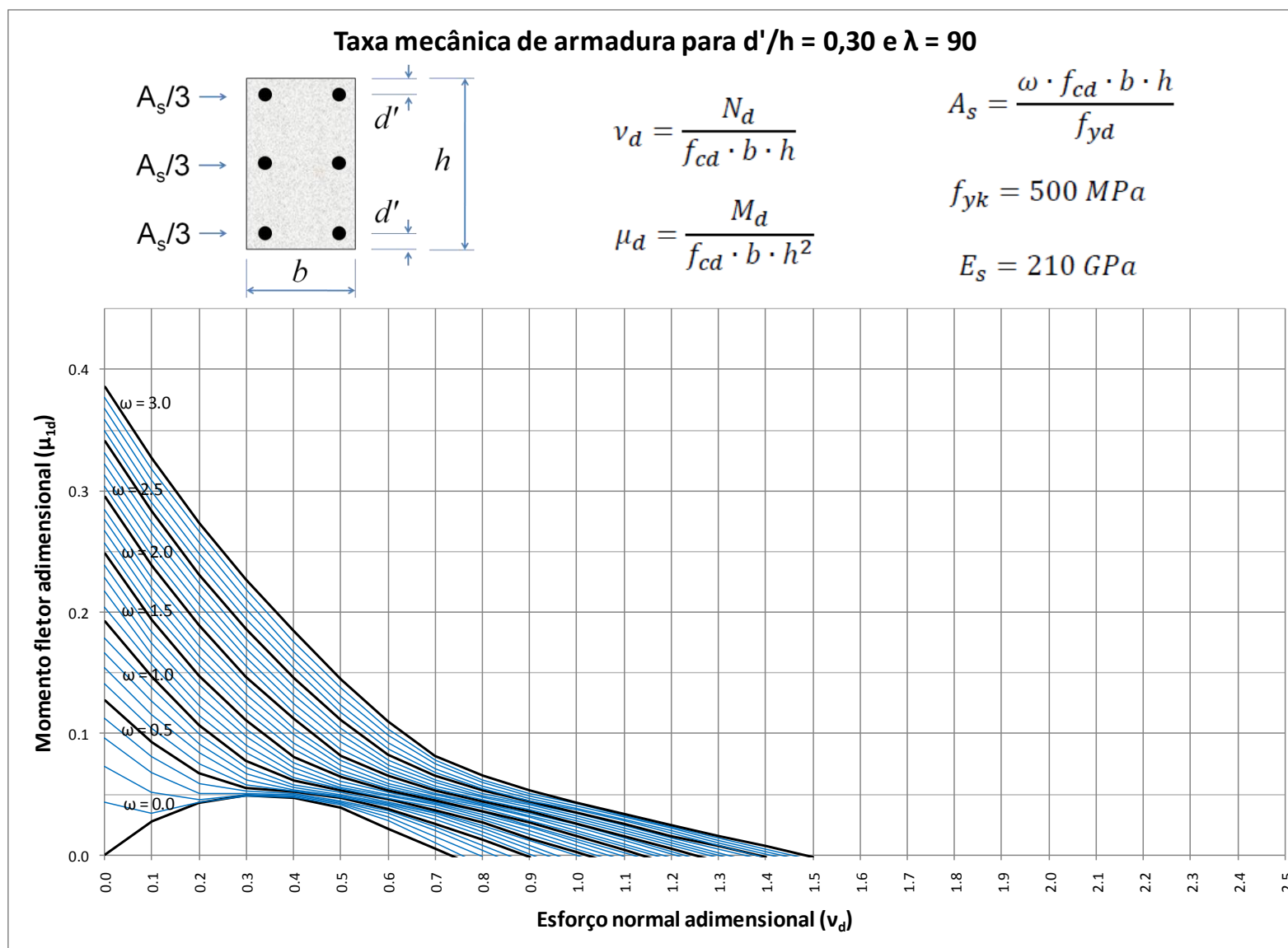
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yk}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

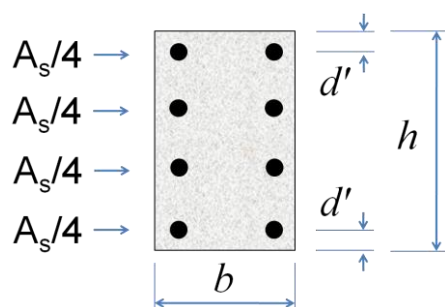
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$	
$v = 0.0$	0.000	0.044	0.073	0.096	0.113	0.127	0.141	0.154	0.167	0.179	0.192	0.204	0.217	0.229	0.239	0.248	0.257	0.267	0.276	0.285	0.295	0.304	0.313	0.322	0.331	0.341	0.350	0.359	0.368	0.377	0.386	
$v = 0.1$	0.028	0.034	0.052	0.068	0.081	0.093	0.105	0.116	0.127	0.138	0.147	0.157	0.166	0.175	0.184	0.193	0.202	0.211	0.220	0.229	0.238	0.247	0.256	0.265	0.274	0.283	0.291	0.300	0.309	0.318	0.327	
$v = 0.2$	0.043	0.044	0.046	0.051	0.059	0.067	0.075	0.084	0.091	0.099	0.107	0.115	0.123	0.131	0.140	0.148	0.156	0.164	0.172	0.181	0.189	0.197	0.206	0.214	0.223	0.231	0.240	0.248	0.257	0.266	0.274	
$v = 0.3$	0.049	0.049	0.050	0.051	0.053	0.055	0.058	0.062	0.067	0.072	0.078	0.084	0.090	0.097	0.104	0.111	0.118	0.125	0.132	0.140	0.147	0.155	0.163	0.170	0.178	0.186	0.194	0.202	0.210	0.218	0.227	
$v = 0.4$	0.047	0.048	0.049	0.050	0.051	0.052	0.053	0.054	0.056	0.058	0.061	0.064	0.068	0.072	0.076	0.081	0.087	0.092	0.099	0.105	0.112	0.118	0.125	0.132	0.139	0.146	0.154	0.161	0.168	0.176	0.184	
$v = 0.5$	0.039	0.041	0.043	0.044	0.045	0.047	0.048	0.049	0.050	0.052	0.053	0.055	0.056	0.058	0.061	0.064	0.067	0.070	0.074	0.078	0.082	0.087	0.093	0.099	0.105	0.111	0.118	0.124	0.131	0.138	0.145	
$v = 0.6$	0.022	0.028	0.031	0.034	0.036	0.038	0.040	0.041	0.043	0.044	0.046	0.047	0.049	0.050	0.052	0.053	0.055	0.057	0.059	0.062	0.065	0.068	0.071	0.074	0.078	0.083	0.087	0.092	0.098	0.104	0.110	
$v = 0.7$	0.005	0.010	0.015	0.020	0.023	0.026	0.029	0.032	0.034	0.035	0.037	0.039	0.041	0.042	0.044	0.045	0.047	0.048	0.050	0.051	0.053	0.055	0.057	0.060	0.062	0.065	0.068	0.071	0.075	0.078	0.082	
$v = 0.8$				0.004	0.008	0.012	0.016	0.019	0.022	0.024	0.027	0.029	0.031	0.033	0.035	0.036	0.038	0.040	0.041	0.043	0.044	0.046	0.048	0.049	0.051	0.053	0.055	0.057	0.060	0.062	0.065	
$v = 0.9$							0.001	0.005	0.008	0.012	0.014	0.017	0.020	0.023	0.024	0.027	0.028	0.031	0.032	0.034	0.036	0.037	0.039	0.041	0.042	0.044	0.045	0.047	0.049	0.051	0.053	
$v = 1.0$											0.002	0.005	0.008	0.011	0.013	0.016	0.018	0.020	0.023	0.025	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034	0.035	0.037	0.038	0.040	0.042	0.043	
$v = 1.1$															0.002	0.004	0.007	0.009	0.012	0.014	0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.029	0.031	0.032	0.034	
$v = 1.2$																			0.001	0.003	0.005	0.008	0.010	0.012	0.014	0.016	0.018	0.020	0.022	0.023	0.025	
$v = 1.3$																									0.002	0.005	0.007	0.008	0.010	0.012	0.014	0.016
$v = 1.4$																													0.001	0.003	0.005	0.007
$v = 1.5$																																
$v = 1.6$																																
$v = 1.7$																																
$v = 1.8$																																
$v = 1.9$																																
$v = 2.0$																																
$v = 2.1$																																
$v = 2.2$																																
$v = 2.3$																																
$v = 2.4$																																
$v = 2.5$																																



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,05$ e $\lambda = 0$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

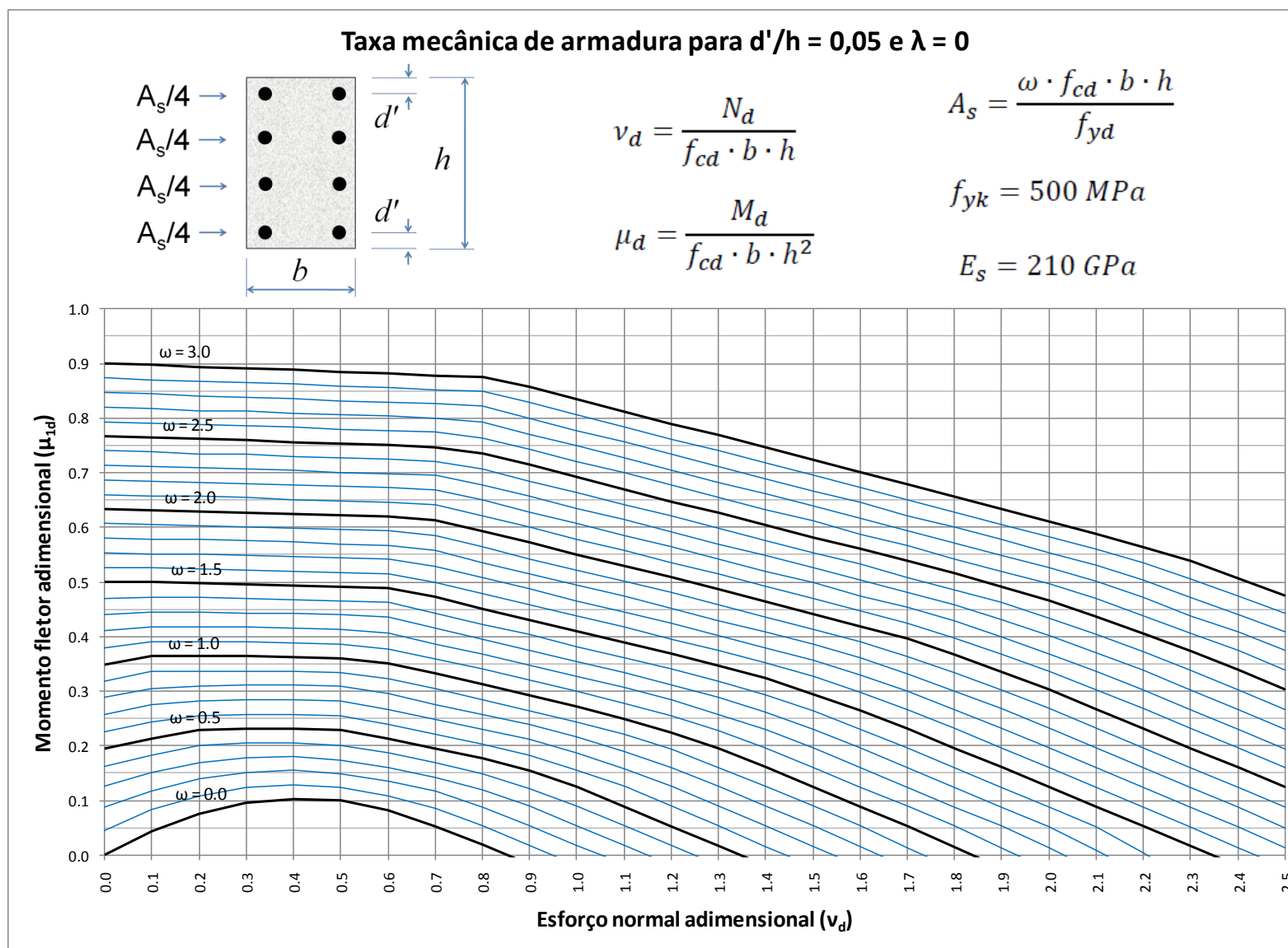
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

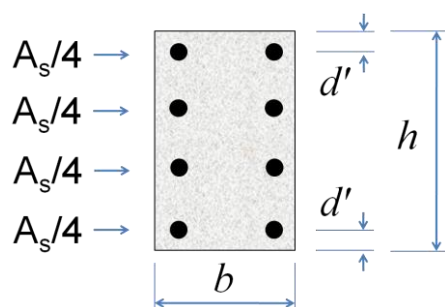
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\nu = 0.0$	0.000	0.045	0.088	0.127	0.162	0.194	0.226	0.257	0.288	0.319	0.349	0.380	0.410	0.440	0.470	0.500	0.527	0.554	0.580	0.607	0.634	0.660	0.687	0.714	0.740	0.767	0.793	0.820	0.846	0.873	0.899
$\nu = 0.1$	0.044	0.083	0.118	0.151	0.183	0.214	0.244	0.275	0.305	0.336	0.364	0.391	0.418	0.445	0.472	0.499	0.525	0.552	0.579	0.605	0.632	0.658	0.685	0.711	0.738	0.764	0.791	0.817	0.844	0.870	0.897
$\nu = 0.2$	0.076	0.109	0.140	0.170	0.201	0.229	0.256	0.283	0.310	0.337	0.364	0.391	0.417	0.444	0.471	0.497	0.524	0.550	0.577	0.603	0.630	0.656	0.682	0.709	0.735	0.762	0.788	0.814	0.841	0.867	0.894
$\nu = 0.3$	0.096	0.124	0.151	0.178	0.205	0.231	0.258	0.284	0.311	0.337	0.364	0.390	0.417	0.443	0.469	0.496	0.522	0.548	0.575	0.601	0.627	0.654	0.680	0.706	0.733	0.759	0.785	0.812	0.838	0.865	0.891
$\nu = 0.4$	0.103	0.129	0.155	0.180	0.206	0.232	0.258	0.284	0.311	0.337	0.363	0.389	0.415	0.442	0.468	0.494	0.520	0.546	0.573	0.599	0.625	0.651	0.678	0.704	0.730	0.756	0.783	0.809	0.835	0.862	0.888
$\nu = 0.5$	0.099	0.123	0.148	0.174	0.201	0.229	0.256	0.283	0.309	0.335	0.361	0.387	0.413	0.440	0.466	0.492	0.518	0.544	0.570	0.596	0.623	0.649	0.675	0.701	0.727	0.754	0.780	0.806	0.832	0.859	0.885
$\nu = 0.6$	0.082	0.109	0.135	0.160	0.186	0.213	0.240	0.267	0.295	0.322	0.350	0.378	0.407	0.435	0.463	0.489	0.515	0.541	0.567	0.594	0.620	0.646	0.672	0.698	0.724	0.751	0.777	0.803	0.829	0.856	0.882
$\nu = 0.7$	0.053	0.086	0.116	0.143	0.169	0.196	0.222	0.249	0.276	0.304	0.332	0.359	0.387	0.415	0.443	0.472	0.500	0.528	0.557	0.585	0.614	0.642	0.669	0.695	0.721	0.747	0.774	0.800	0.826	0.852	0.878
$\nu = 0.8$	0.018	0.054	0.088	0.120	0.149	0.177	0.204	0.231	0.258	0.285	0.312	0.340	0.368	0.395	0.423	0.451	0.479	0.508	0.536	0.564	0.593	0.621	0.650	0.678	0.707	0.735	0.764	0.793	0.821	0.849	0.875
$\nu = 0.9$		0.018	0.053	0.089	0.122	0.154	0.183	0.211	0.238	0.265	0.293	0.320	0.348	0.375	0.403	0.431	0.459	0.487	0.515	0.543	0.572	0.600	0.628	0.657	0.685	0.714	0.742	0.771	0.799	0.828	0.857
$\nu = 1.0$			0.018	0.053	0.089	0.124	0.156	0.187	0.216	0.244	0.272	0.299	0.327	0.355	0.382	0.410	0.438	0.466	0.494	0.522	0.550	0.579	0.607	0.635	0.664	0.692	0.721	0.749	0.778	0.806	0.835
$\nu = 1.1$				0.017	0.053	0.089	0.125	0.158	0.190	0.221	0.250	0.278	0.306	0.334	0.361	0.389	0.417	0.445	0.473	0.501	0.529	0.557	0.585	0.614	0.642	0.670	0.699	0.727	0.756	0.784	0.813
$\nu = 1.2$					0.017	0.053	0.089	0.125	0.160	0.193	0.224	0.256	0.284	0.312	0.340	0.368	0.396	0.424	0.451	0.480	0.508	0.536	0.564	0.592	0.620	0.648	0.677	0.705	0.734	0.762	0.790
$\nu = 1.3$						0.017	0.053	0.089	0.125	0.160	0.194	0.227	0.258	0.289	0.318	0.346	0.374	0.402	0.430	0.458	0.486	0.514	0.542	0.570	0.598	0.627	0.655	0.683	0.712	0.740	0.768
$\nu = 1.4$							0.016	0.053	0.089	0.125	0.160	0.196	0.229	0.261	0.293	0.323	0.351	0.380	0.408	0.436	0.464	0.492	0.520	0.548	0.576	0.605	0.633	0.661	0.689	0.718	0.746
$\nu = 1.5$								0.016	0.053	0.089	0.125	0.160	0.196	0.230	0.263	0.295	0.327	0.357	0.385	0.413	0.442	0.470	0.498	0.526	0.554	0.582	0.611	0.639	0.667	0.696	0.724
$\nu = 1.6$									0.015	0.053	0.089	0.124	0.160	0.196	0.231	0.264	0.297	0.329	0.361	0.390	0.419	0.447	0.475	0.504	0.532	0.560	0.588	0.617	0.645	0.673	0.702
$\nu = 1.7$										0.014	0.053	0.089	0.124	0.160	0.196	0.232	0.266	0.299	0.331	0.364	0.396	0.424	0.453	0.481	0.509	0.538	0.566	0.594	0.622	0.651	0.679
$\nu = 1.8$											0.014	0.053	0.088	0.124	0.160	0.196	0.232	0.267	0.300	0.333	0.366	0.398	0.429	0.458	0.486	0.515	0.543	0.571	0.600	0.628	0.656
$\nu = 1.9$												0.013	0.053	0.088	0.124	0.160	0.196	0.232	0.268	0.302	0.335	0.367	0.400	0.432	0.463	0.492	0.520	0.549	0.577	0.606	0.634
$\nu = 2.0$													0.012	0.052	0.088	0.124	0.160	0.196	0.232	0.268	0.303	0.336	0.369	0.402	0.434	0.467	0.497	0.525	0.554	0.583	0.611
$\nu = 2.1$														0.008	0.052	0.088	0.124	0.160	0.196	0.232	0.268	0.303	0.337	0.371	0.404	0.436	0.469	0.501	0.530	0.559	0.588
$\nu = 2.2$															0.003	0.052	0.088	0.124	0.160	0.196	0.232	0.268	0.303	0.338	0.372	0.405	0.438	0.471	0.503	0.536	0.564
$\nu = 2.3$																	0.051	0.088	0.124	0.160	0.196	0.232	0.267	0.303	0.339	0.373	0.406	0.439	0.472	0.505	0.538
$\nu = 2.4$																		0.051	0.088	0.124	0.160	0.196	0.231	0.267	0.303	0.339	0.374	0.408	0.441	0.474	0.507
$\nu = 2.5$																			0.050	0.088	0.124	0.160	0.195	0.231	0.267	0.303	0.339	0.375	0.409	0.442	0.475



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,05$ e $\lambda = 30$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

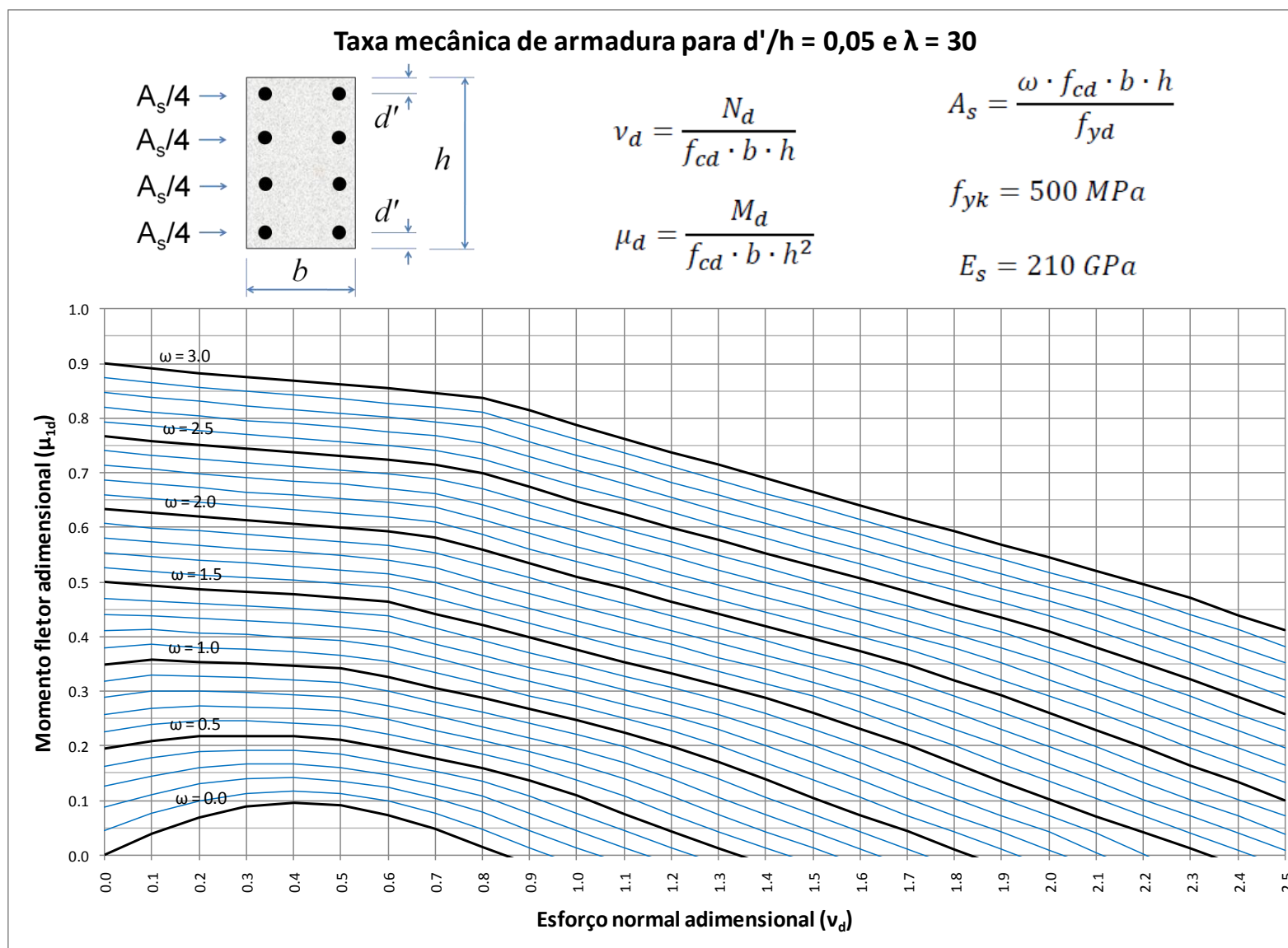
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

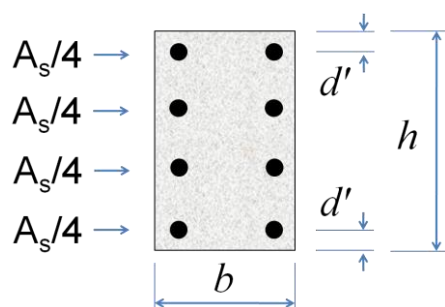
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.045	0.088	0.127	0.162	0.194	0.226	0.257	0.288	0.319	0.349	0.380	0.410	0.440	0.470	0.500	0.527	0.554	0.580	0.607	0.634	0.660	0.687	0.714	0.740	0.767	0.793	0.820	0.846	0.873	0.899
$v = 0.1$	0.039	0.076	0.111	0.145	0.177	0.208	0.239	0.269	0.299	0.329	0.358	0.385	0.412	0.439	0.466	0.493	0.520	0.546	0.573	0.599	0.626	0.652	0.679	0.706	0.732	0.758	0.785	0.811	0.838	0.864	0.891
$v = 0.2$	0.069	0.099	0.130	0.160	0.190	0.218	0.246	0.273	0.300	0.327	0.354	0.380	0.407	0.434	0.460	0.487	0.513	0.540	0.566	0.593	0.619	0.645	0.672	0.698	0.724	0.751	0.777	0.803	0.830	0.856	0.882
$v = 0.3$	0.088	0.113	0.140	0.166	0.192	0.218	0.245	0.271	0.297	0.324	0.350	0.376	0.403	0.429	0.455	0.482	0.508	0.534	0.560	0.587	0.613	0.639	0.665	0.691	0.718	0.744	0.770	0.796	0.823	0.849	0.875
$v = 0.4$	0.096	0.118	0.142	0.166	0.191	0.217	0.242	0.268	0.294	0.320	0.346	0.372	0.398	0.425	0.451	0.477	0.503	0.529	0.555	0.581	0.607	0.633	0.659	0.685	0.711	0.737	0.764	0.790	0.816	0.842	0.868
$v = 0.5$	0.091	0.113	0.136	0.159	0.184	0.211	0.237	0.264	0.289	0.315	0.341	0.366	0.392	0.418	0.444	0.470	0.496	0.522	0.548	0.574	0.600	0.626	0.652	0.679	0.705	0.731	0.757	0.783	0.809	0.835	0.861
$v = 0.6$	0.074	0.099	0.123	0.146	0.170	0.195	0.220	0.247	0.273	0.300	0.327	0.354	0.382	0.409	0.437	0.463	0.489	0.514	0.540	0.567	0.592	0.619	0.645	0.671	0.697	0.723	0.749	0.775	0.801	0.827	0.854
$v = 0.7$	0.047	0.077	0.104	0.129	0.154	0.178	0.203	0.228	0.254	0.280	0.306	0.333	0.360	0.387	0.415	0.442	0.470	0.498	0.525	0.553	0.581	0.610	0.636	0.662	0.688	0.714	0.740	0.767	0.793	0.819	0.845
$v = 0.8$	0.015	0.046	0.078	0.107	0.134	0.159	0.185	0.210	0.235	0.261	0.287	0.313	0.339	0.366	0.393	0.420	0.447	0.475	0.502	0.530	0.558	0.586	0.614	0.642	0.670	0.698	0.726	0.754	0.783	0.810	0.836
$v = 0.9$		0.014	0.045	0.077	0.108	0.137	0.164	0.190	0.215	0.241	0.267	0.292	0.318	0.344	0.371	0.398	0.425	0.452	0.479	0.507	0.534	0.561	0.589	0.617	0.645	0.673	0.701	0.729	0.757	0.786	0.814
$v = 1.0$			0.014	0.045	0.077	0.108	0.138	0.167	0.194	0.220	0.246	0.272	0.298	0.324	0.350	0.376	0.402	0.429	0.456	0.483	0.510	0.538	0.565	0.593	0.621	0.648	0.676	0.704	0.732	0.760	0.788
$v = 1.1$				0.014	0.044	0.076	0.108	0.139	0.168	0.198	0.224	0.250	0.276	0.302	0.328	0.354	0.380	0.407	0.434	0.461	0.488	0.514	0.541	0.569	0.596	0.624	0.652	0.680	0.708	0.736	0.763
$v = 1.2$					0.014	0.044	0.075	0.107	0.139	0.169	0.199	0.228	0.255	0.280	0.306	0.333	0.358	0.385	0.411	0.438	0.465	0.491	0.518	0.546	0.573	0.600	0.628	0.655	0.683	0.711	0.738
$v = 1.3$						0.013	0.043	0.074	0.106	0.139	0.170	0.200	0.230	0.258	0.284	0.310	0.336	0.362	0.389	0.415	0.442	0.468	0.495	0.522	0.549	0.576	0.603	0.631	0.659	0.686	0.714
$v = 1.4$							0.013	0.043	0.074	0.106	0.138	0.170	0.201	0.231	0.260	0.288	0.314	0.340	0.366	0.392	0.419	0.445	0.472	0.499	0.526	0.552	0.580	0.607	0.634	0.662	0.689
$v = 1.5$								0.012	0.043	0.074	0.105	0.137	0.170	0.201	0.231	0.260	0.290	0.317	0.343	0.369	0.396	0.422	0.449	0.476	0.502	0.529	0.556	0.583	0.610	0.638	0.665
$v = 1.6$									0.011	0.042	0.073	0.105	0.137	0.169	0.201	0.231	0.261	0.290	0.319	0.347	0.373	0.399	0.426	0.452	0.479	0.506	0.532	0.559	0.587	0.614	0.641
$v = 1.7$										0.011	0.043	0.072	0.104	0.136	0.168	0.201	0.231	0.262	0.291	0.321	0.349	0.376	0.402	0.429	0.456	0.482	0.508	0.536	0.563	0.590	0.616
$v = 1.8$											0.010	0.042	0.072	0.104	0.135	0.167	0.200	0.231	0.262	0.292	0.320	0.350	0.379	0.405	0.432	0.458	0.485	0.512	0.538	0.565	0.592
$v = 1.9$												0.010	0.042	0.072	0.104	0.135	0.167	0.200	0.231	0.261	0.292	0.321	0.351	0.380	0.408	0.434	0.462	0.488	0.515	0.542	0.568
$v = 2.0$													0.009	0.042	0.072	0.103	0.134	0.166	0.199	0.230	0.261	0.291	0.321	0.351	0.380	0.410	0.437	0.464	0.491	0.518	0.545
$v = 2.1$														0.005	0.042	0.071	0.103	0.134	0.166	0.198	0.230	0.262	0.291	0.321	0.351	0.381	0.411	0.440	0.467	0.494	0.521
$v = 2.2$															0.001	0.041	0.072	0.102	0.133	0.165	0.197	0.229	0.260	0.292	0.321	0.351	0.381	0.410	0.440	0.470	0.496
$v = 2.3$																	0.040	0.071	0.102	0.133	0.164	0.197	0.228	0.259	0.291	0.321	0.351	0.381	0.411	0.441	0.470
$v = 2.4$																		0.040	0.071	0.102	0.133	0.164	0.196	0.228	0.258	0.290	0.320	0.350	0.382	0.412	0.440
$v = 2.5$																			0.039	0.071	0.101	0.133	0.164	0.196	0.228	0.258	0.289	0.320	0.351	0.381	0.411



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,05$ e $\lambda = 60$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

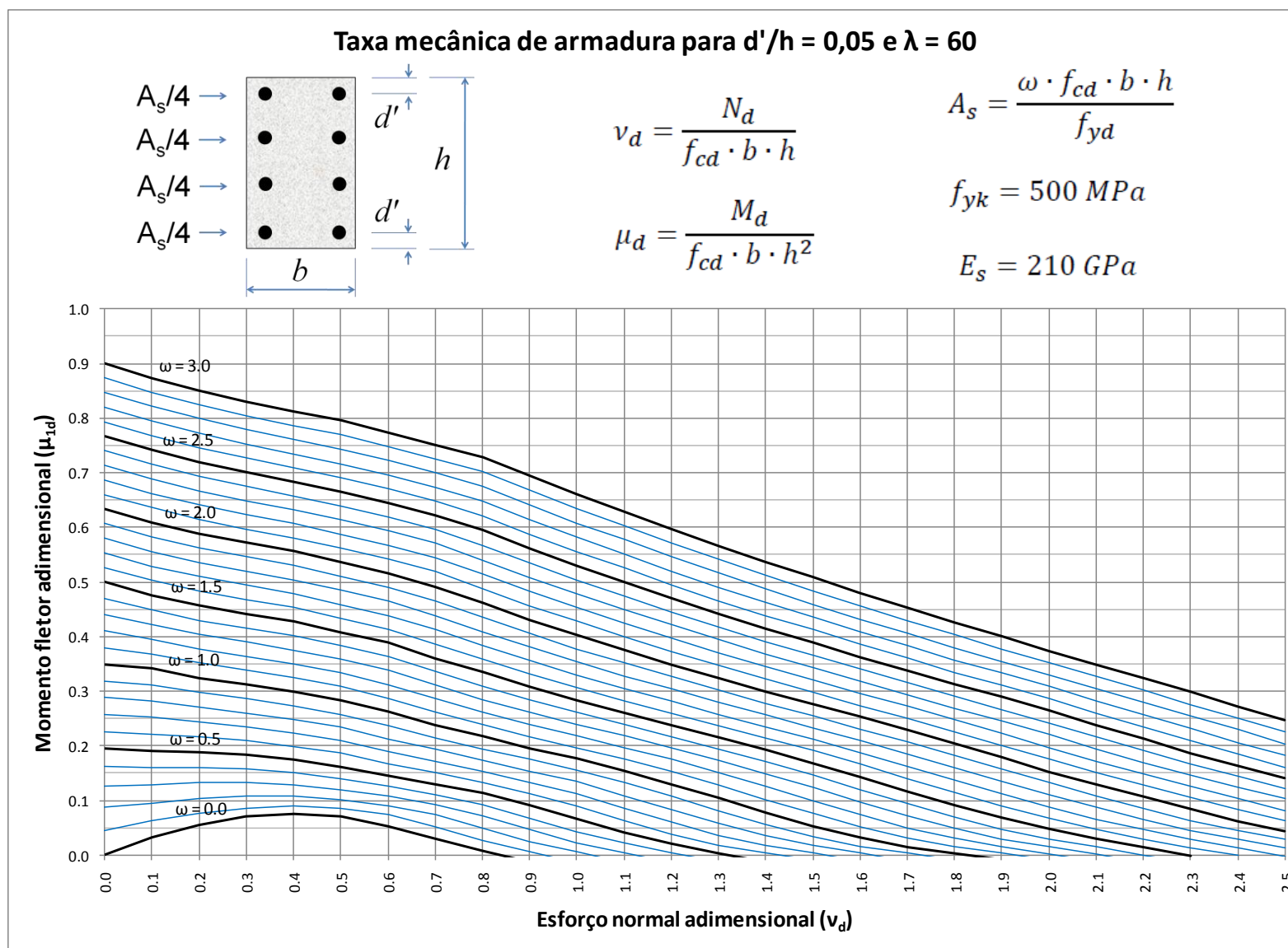
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

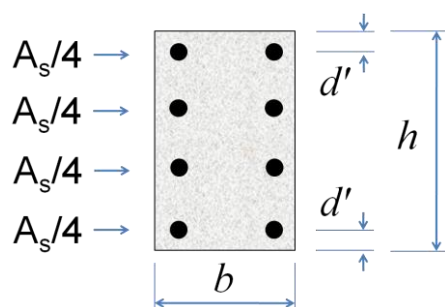
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega=0.0$	$\omega=0.1$	$\omega=0.2$	$\omega=0.3$	$\omega=0.4$	$\omega=0.5$	$\omega=0.6$	$\omega=0.7$	$\omega=0.8$	$\omega=0.9$	$\omega=1.0$	$\omega=1.1$	$\omega=1.2$	$\omega=1.3$	$\omega=1.4$	$\omega=1.5$	$\omega=1.6$	$\omega=1.7$	$\omega=1.8$	$\omega=1.9$	$\omega=2.0$	$\omega=2.1$	$\omega=2.2$	$\omega=2.3$	$\omega=2.4$	$\omega=2.5$	$\omega=2.6$	$\omega=2.7$	$\omega=2.8$	$\omega=2.9$	$\omega=3.0$
$\nu=0.0$	0.000	0.045	0.088	0.127	0.162	0.194	0.226	0.257	0.288	0.319	0.349	0.380	0.410	0.440	0.470	0.500	0.527	0.554	0.580	0.607	0.634	0.660	0.687	0.714	0.740	0.767	0.793	0.820	0.846	0.873	0.899
$\nu=0.1$	0.033	0.062	0.095	0.128	0.160	0.191	0.222	0.252	0.282	0.312	0.341	0.368	0.395	0.422	0.449	0.476	0.503	0.529	0.556	0.583	0.609	0.636	0.662	0.689	0.715	0.742	0.768	0.794	0.821	0.847	0.874
$\nu=0.2$	0.055	0.076	0.104	0.132	0.161	0.189	0.216	0.243	0.270	0.297	0.324	0.351	0.377	0.404	0.430	0.457	0.483	0.510	0.536	0.562	0.589	0.615	0.641	0.667	0.694	0.720	0.746	0.772	0.799	0.825	0.851
$\nu=0.3$	0.070	0.086	0.109	0.133	0.158	0.183	0.209	0.234	0.260	0.286	0.312	0.338	0.364	0.390	0.416	0.442	0.468	0.494	0.520	0.546	0.572	0.597	0.623	0.649	0.675	0.701	0.727	0.753	0.779	0.805	0.831
$\nu=0.4$	0.075	0.090	0.107	0.128	0.150	0.174	0.198	0.223	0.248	0.273	0.298	0.324	0.349	0.375	0.401	0.427	0.453	0.479	0.504	0.530	0.556	0.581	0.607	0.633	0.658	0.684	0.710	0.735	0.761	0.787	0.813
$\nu=0.5$	0.070	0.086	0.102	0.120	0.140	0.162	0.186	0.210	0.234	0.258	0.283	0.308	0.333	0.358	0.383	0.408	0.434	0.459	0.485	0.511	0.537	0.562	0.588	0.614	0.640	0.666	0.692	0.717	0.743	0.769	0.795
$\nu=0.6$	0.053	0.073	0.091	0.108	0.126	0.146	0.167	0.190	0.213	0.237	0.262	0.286	0.312	0.338	0.364	0.389	0.414	0.439	0.465	0.490	0.516	0.541	0.567	0.593	0.619	0.644	0.670	0.696	0.722	0.748	0.774
$\nu=0.7$	0.029	0.051	0.073	0.093	0.111	0.130	0.150	0.171	0.193	0.215	0.238	0.262	0.286	0.311	0.336	0.361	0.387	0.413	0.439	0.466	0.492	0.519	0.545	0.571	0.596	0.622	0.648	0.674	0.699	0.725	0.751
$\nu=0.8$	0.008	0.027	0.049	0.071	0.093	0.113	0.132	0.153	0.173	0.195	0.217	0.239	0.262	0.285	0.309	0.334	0.359	0.384	0.409	0.435	0.461	0.487	0.514	0.540	0.567	0.594	0.621	0.648	0.676	0.702	0.728
$\nu=0.9$		0.007	0.025	0.046	0.068	0.091	0.113	0.133	0.154	0.175	0.196	0.217	0.240	0.262	0.285	0.308	0.332	0.356	0.381	0.406	0.431	0.457	0.483	0.509	0.535	0.561	0.588	0.615	0.641	0.669	0.695
$\nu=1.0$			0.006	0.023	0.043	0.066	0.089	0.112	0.134	0.155	0.176	0.197	0.218	0.240	0.262	0.284	0.307	0.330	0.354	0.378	0.403	0.428	0.453	0.478	0.504	0.530	0.556	0.582	0.608	0.635	0.661
$\nu=1.1$				0.005	0.021	0.041	0.063	0.086	0.109	0.133	0.155	0.176	0.197	0.218	0.239	0.261	0.283	0.305	0.328	0.352	0.376	0.400	0.424	0.449	0.474	0.500	0.525	0.551	0.577	0.603	0.629
$\nu=1.2$					0.005	0.020	0.038	0.060	0.083	0.107	0.130	0.154	0.175	0.196	0.217	0.238	0.260	0.282	0.304	0.327	0.349	0.373	0.397	0.421	0.445	0.470	0.495	0.520	0.546	0.571	0.597
$\nu=1.3$						0.004	0.018	0.036	0.058	0.081	0.104	0.128	0.152	0.174	0.195	0.216	0.237	0.258	0.280	0.302	0.324	0.347	0.371	0.394	0.418	0.442	0.466	0.491	0.516	0.542	0.566
$\nu=1.4$							0.004	0.018	0.035	0.055	0.078	0.102	0.125	0.149	0.172	0.193	0.214	0.235	0.257	0.278	0.300	0.323	0.345	0.368	0.391	0.415	0.439	0.463	0.487	0.512	0.536
$\nu=1.5$								0.003	0.017	0.034	0.053	0.076	0.099	0.123	0.146	0.169	0.191	0.212	0.233	0.255	0.276	0.298	0.320	0.343	0.365	0.389	0.412	0.435	0.459	0.484	0.508
$\nu=1.6$									0.003	0.016	0.033	0.052	0.074	0.096	0.120	0.143	0.166	0.188	0.210	0.231	0.253	0.274	0.296	0.318	0.340	0.363	0.386	0.409	0.432	0.456	0.480
$\nu=1.7$										0.003	0.015	0.031	0.050	0.071	0.094	0.117	0.140	0.162	0.185	0.207	0.229	0.251	0.272	0.293	0.315	0.338	0.361	0.383	0.406	0.429	0.452
$\nu=1.8$											0.003	0.015	0.031	0.050	0.069	0.092	0.115	0.138	0.159	0.182	0.204	0.226	0.248	0.269	0.291	0.313	0.335	0.357	0.380	0.403	0.426
$\nu=1.9$												0.003	0.015	0.030	0.048	0.068	0.090	0.113	0.135	0.157	0.179	0.201	0.223	0.245	0.267	0.289	0.311	0.333	0.354	0.377	0.400
$\nu=2.0$													0.002	0.015	0.030	0.047	0.067	0.088	0.110	0.132	0.153	0.175	0.197	0.220	0.242	0.264	0.286	0.308	0.330	0.352	0.374
$\nu=2.1$														0.001	0.015	0.029	0.046	0.066	0.087	0.109	0.129	0.151	0.172	0.194	0.216	0.238	0.260	0.283	0.305	0.327	0.349
$\nu=2.2$																0.014	0.029	0.046	0.065	0.086	0.107	0.128	0.149	0.169	0.191	0.213	0.235	0.257	0.279	0.303	0.323
$\nu=2.3$																	0.014	0.029	0.045	0.063	0.084	0.105	0.125	0.146	0.167	0.187	0.209	0.232	0.254	0.276	0.299
$\nu=2.4$																		0.013	0.028	0.044	0.062	0.083	0.103	0.124	0.144	0.164	0.185	0.206	0.229	0.251	0.272
$\nu=2.5$																			0.014	0.028	0.044	0.063	0.081	0.103	0.121	0.141	0.161	0.183	0.204	0.225	0.248



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,05$ e $\lambda = 90$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

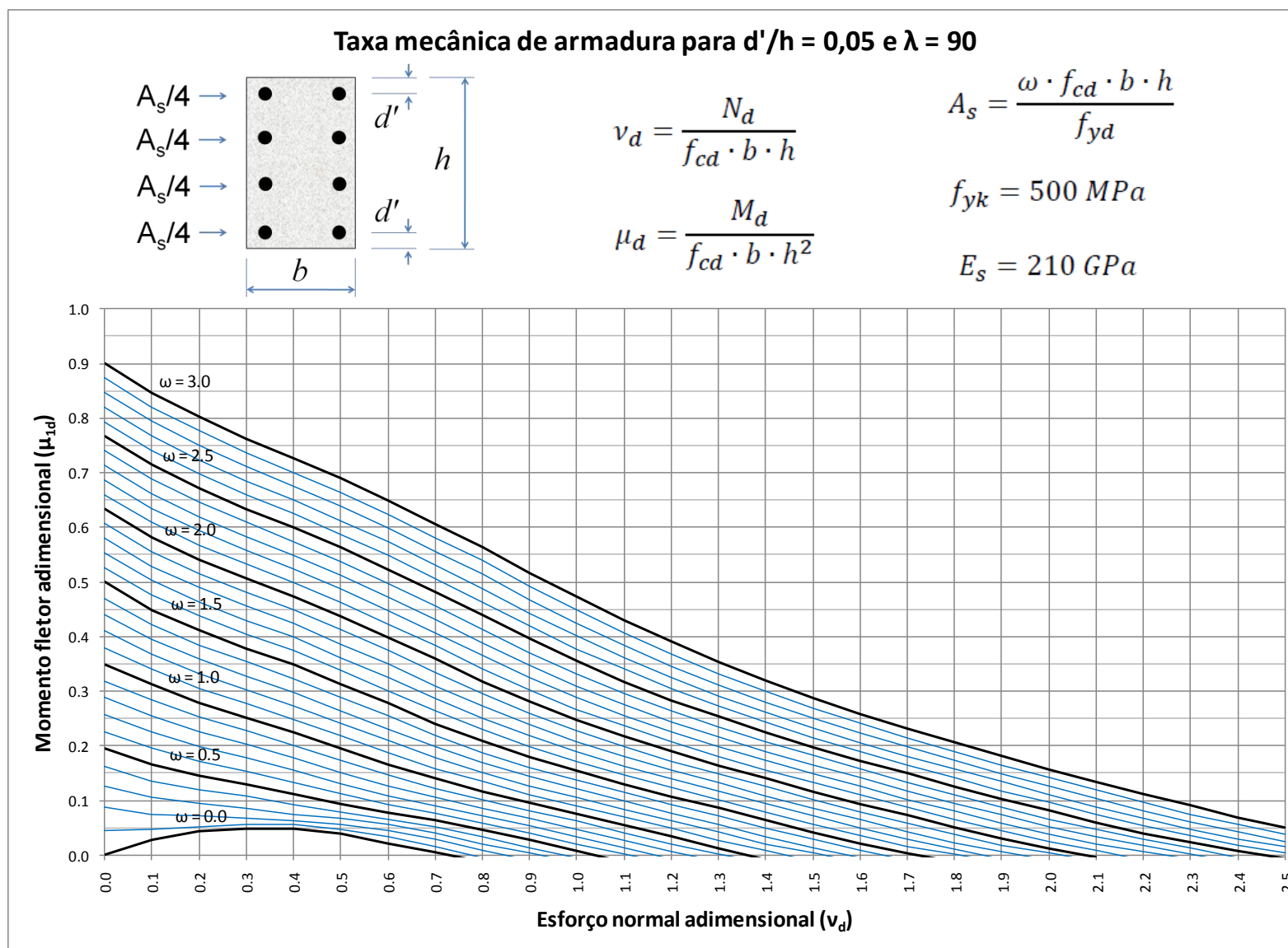
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

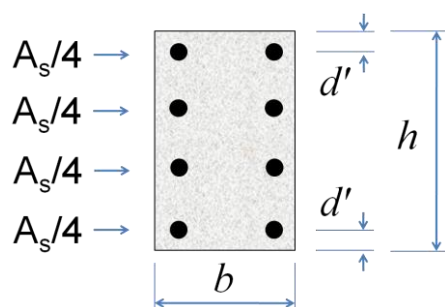
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$	
$v = 0.0$	0.000	0.045	0.088	0.127	0.162	0.194	0.226	0.257	0.288	0.319	0.349	0.380	0.410	0.440	0.470	0.500	0.527	0.554	0.580	0.607	0.634	0.660	0.687	0.714	0.740	0.767	0.793	0.820	0.846	0.873	0.899	
$v = 0.1$	0.028	0.046	0.074	0.105	0.136	0.166	0.196	0.225	0.255	0.285	0.313	0.341	0.368	0.395	0.422	0.449	0.476	0.503	0.529	0.556	0.582	0.609	0.635	0.662	0.688	0.715	0.741	0.767	0.794	0.820	0.846	
$v = 0.2$	0.043	0.052	0.072	0.095	0.119	0.146	0.172	0.199	0.225	0.252	0.279	0.305	0.332	0.358	0.384	0.411	0.437	0.463	0.489	0.515	0.541	0.567	0.593	0.619	0.646	0.671	0.698	0.723	0.750	0.776	0.802	
$v = 0.3$	0.049	0.056	0.067	0.086	0.108	0.130	0.154	0.178	0.202	0.227	0.252	0.277	0.303	0.328	0.354	0.379	0.405	0.430	0.456	0.481	0.506	0.532	0.558	0.583	0.609	0.634	0.660	0.685	0.711	0.737	0.762	
$v = 0.4$	0.047	0.055	0.063	0.075	0.092	0.111	0.132	0.155	0.177	0.201	0.225	0.249	0.274	0.298	0.323	0.348	0.374	0.399	0.424	0.449	0.474	0.499	0.524	0.549	0.574	0.600	0.625	0.650	0.675	0.701	0.726	
$v = 0.5$	0.039	0.048	0.057	0.067	0.078	0.094	0.112	0.131	0.152	0.173	0.196	0.218	0.242	0.265	0.289	0.313	0.338	0.362	0.387	0.412	0.437	0.462	0.487	0.512	0.538	0.563	0.588	0.613	0.639	0.664	0.689	
$v = 0.6$	0.022	0.034	0.045	0.055	0.066	0.078	0.092	0.109	0.127	0.146	0.166	0.187	0.209	0.231	0.255	0.278	0.301	0.325	0.349	0.374	0.398	0.423	0.447	0.472	0.497	0.522	0.548	0.573	0.598	0.624	0.649	
$v = 0.7$	0.005	0.015	0.028	0.040	0.051	0.063	0.076	0.090	0.105	0.122	0.140	0.158	0.178	0.198	0.219	0.241	0.264	0.287	0.310	0.334	0.359	0.383	0.407	0.432	0.457	0.481	0.506	0.531	0.556	0.581	0.606	
$v = 0.8$			0.009	0.020	0.034	0.046	0.059	0.072	0.086	0.101	0.117	0.134	0.151	0.169	0.188	0.208	0.229	0.251	0.272	0.295	0.318	0.341	0.365	0.389	0.413	0.438	0.463	0.488	0.514	0.539	0.564	
$v = 0.9$				0.003	0.014	0.027	0.040	0.054	0.067	0.081	0.096	0.111	0.127	0.144	0.161	0.180	0.198	0.218	0.238	0.259	0.281	0.303	0.325	0.348	0.371	0.395	0.419	0.443	0.468	0.493	0.517	
$v = 1.0$						0.007	0.020	0.034	0.048	0.062	0.076	0.091	0.106	0.121	0.137	0.154	0.171	0.189	0.208	0.227	0.247	0.267	0.288	0.310	0.332	0.355	0.378	0.401	0.425	0.449	0.473	
$v = 1.1$							0.002	0.013	0.026	0.041	0.055	0.069	0.084	0.099	0.114	0.130	0.146	0.163	0.180	0.198	0.217	0.236	0.255	0.275	0.296	0.317	0.340	0.362	0.384	0.407	0.430	
$v = 1.2$								0.007	0.019	0.034	0.049	0.063	0.077	0.092	0.107	0.123	0.139	0.155	0.172	0.190	0.207	0.226	0.244	0.264	0.283	0.304	0.325	0.346	0.369	0.391		
$v = 1.3$									0.002	0.013	0.027	0.042	0.056	0.071	0.086	0.101	0.116	0.132	0.148	0.164	0.181	0.198	0.216	0.234	0.253	0.272	0.291	0.311	0.332	0.353		
$v = 1.4$										0.008	0.020	0.034	0.049	0.064	0.078	0.094	0.109	0.125	0.140	0.156	0.173	0.190	0.207	0.225	0.243	0.261	0.280	0.300	0.319			
$v = 1.5$											0.003	0.014	0.028	0.042	0.057	0.071	0.086	0.101	0.117	0.133	0.149	0.165	0.182	0.198	0.215	0.233	0.251	0.269	0.288			
$v = 1.6$														0.009	0.022	0.035	0.050	0.064	0.079	0.094	0.110	0.125	0.141	0.157	0.173	0.190	0.206	0.224	0.242	0.259		
$v = 1.7$															0.004	0.016	0.029	0.043	0.058	0.072	0.088	0.102	0.117	0.133	0.149	0.165	0.181	0.198	0.215	0.232		
$v = 1.8$																	0.001	0.011	0.023	0.037	0.051	0.065	0.080	0.095	0.110	0.126	0.141	0.157	0.173	0.190	0.206	
$v = 1.9$																			0.007	0.018	0.030	0.044	0.059	0.073	0.087	0.103	0.118	0.134	0.149	0.165	0.181	
$v = 2.0$																					0.003	0.013	0.025	0.038	0.052	0.066	0.081	0.096	0.111	0.126	0.142	0.157
$v = 2.1$																							0.008	0.020	0.033	0.046	0.060	0.074	0.088	0.104	0.119	0.134
$v = 2.2$																								0.006	0.017	0.028	0.040	0.054	0.067	0.081	0.097	0.111
$v = 2.3$																									0.001	0.012	0.023	0.035	0.047	0.061	0.075	0.090
$v = 2.4$																										0.008	0.018	0.030	0.042	0.055	0.068	
$v = 2.5$																											0.004	0.015	0.025	0.038	0.050	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,10$ e $\lambda = 0$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

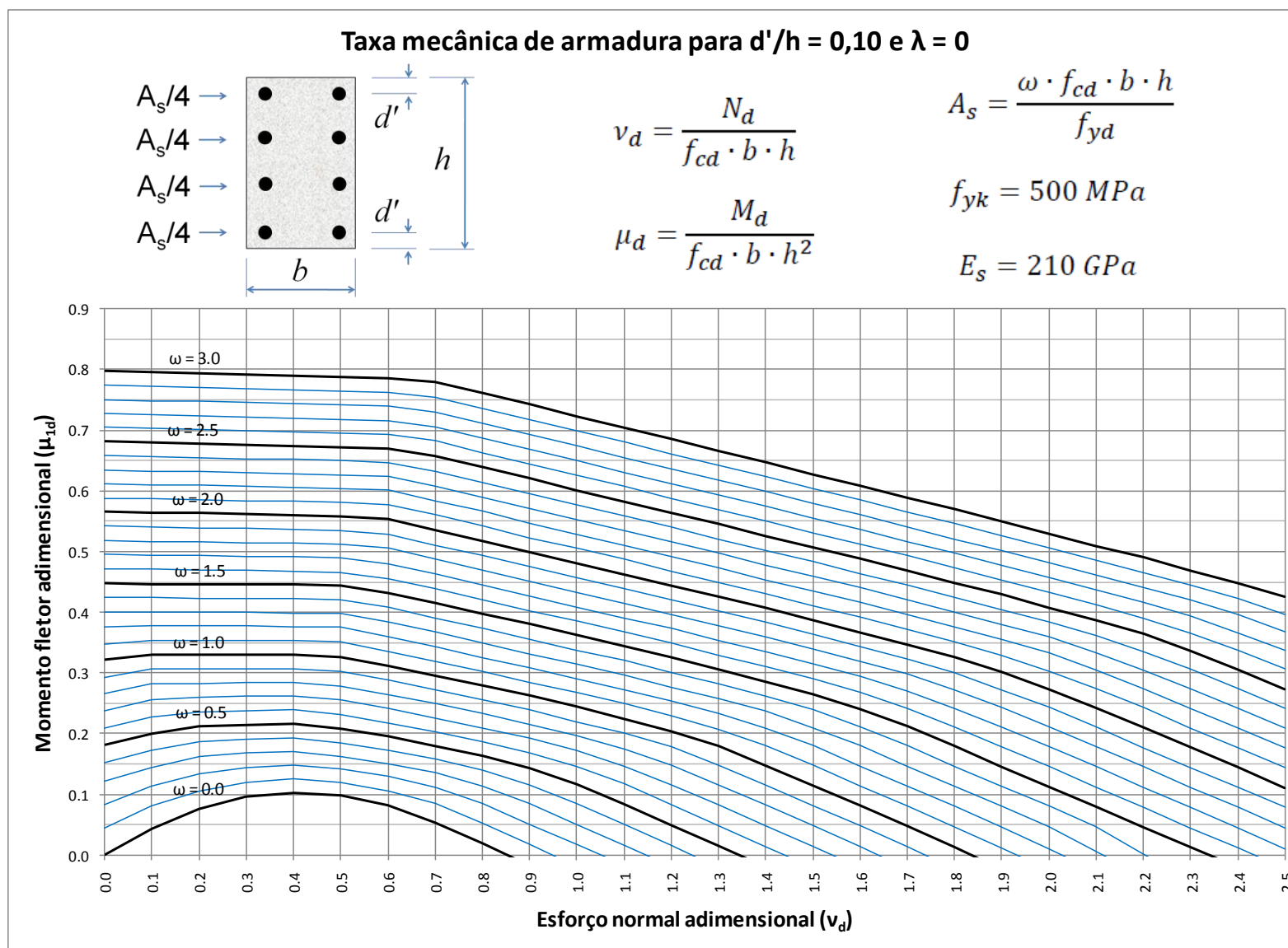
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

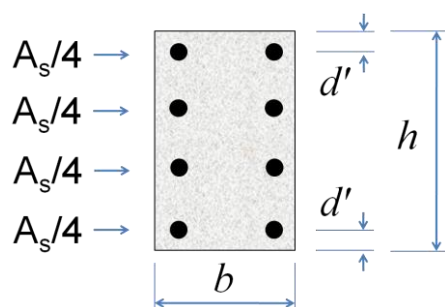
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega=0.0$	$\omega=0.1$	$\omega=0.2$	$\omega=0.3$	$\omega=0.4$	$\omega=0.5$	$\omega=0.6$	$\omega=0.7$	$\omega=0.8$	$\omega=0.9$	$\omega=1.0$	$\omega=1.1$	$\omega=1.2$	$\omega=1.3$	$\omega=1.4$	$\omega=1.5$	$\omega=1.6$	$\omega=1.7$	$\omega=1.8$	$\omega=1.9$	$\omega=2.0$	$\omega=2.1$	$\omega=2.2$	$\omega=2.3$	$\omega=2.4$	$\omega=2.5$	$\omega=2.6$	$\omega=2.7$	$\omega=2.8$	$\omega=2.9$	$\omega=3.0$
$\mathbf{v=0.0}$	0.000	0.044	0.083	0.121	0.152	0.181	0.210	0.238	0.266	0.293	0.321	0.348	0.375	0.401	0.424	0.448	0.471	0.495	0.518	0.542	0.565	0.588	0.612	0.635	0.658	0.682	0.705	0.728	0.751	0.775	0.798
$\mathbf{v=0.1}$	0.044	0.081	0.114	0.143	0.172	0.200	0.227	0.255	0.282	0.306	0.330	0.353	0.377	0.400	0.424	0.447	0.471	0.494	0.517	0.541	0.564	0.587	0.610	0.633	0.657	0.680	0.703	0.726	0.749	0.773	0.796
$\mathbf{v=0.2}$	0.076	0.106	0.134	0.162	0.187	0.212	0.236	0.259	0.283	0.307	0.330	0.354	0.377	0.400	0.423	0.447	0.470	0.493	0.516	0.539	0.563	0.586	0.609	0.632	0.655	0.678	0.701	0.724	0.747	0.771	0.794
$\mathbf{v=0.3}$	0.096	0.120	0.144	0.168	0.191	0.215	0.238	0.261	0.284	0.307	0.330	0.354	0.377	0.400	0.423	0.446	0.469	0.492	0.515	0.538	0.561	0.584	0.607	0.630	0.653	0.676	0.699	0.722	0.745	0.769	0.791
$\mathbf{v=0.4}$	0.103	0.126	0.148	0.171	0.193	0.216	0.239	0.262	0.285	0.307	0.330	0.353	0.376	0.399	0.422	0.445	0.468	0.491	0.514	0.537	0.560	0.583	0.606	0.629	0.652	0.674	0.697	0.720	0.743	0.767	0.789
$\mathbf{v=0.5}$	0.099	0.119	0.141	0.163	0.185	0.208	0.232	0.255	0.279	0.303	0.327	0.352	0.375	0.398	0.421	0.443	0.466	0.489	0.512	0.535	0.558	0.581	0.604	0.627	0.650	0.672	0.695	0.718	0.741	0.764	0.787
$\mathbf{v=0.6}$	0.082	0.106	0.129	0.150	0.173	0.195	0.218	0.241	0.264	0.288	0.312	0.335	0.359	0.383	0.408	0.432	0.456	0.480	0.505	0.529	0.553	0.578	0.601	0.624	0.647	0.670	0.693	0.716	0.739	0.762	0.785
$\mathbf{v=0.7}$	0.053	0.085	0.111	0.135	0.158	0.180	0.203	0.226	0.249	0.272	0.296	0.319	0.343	0.367	0.391	0.415	0.439	0.463	0.487	0.511	0.535	0.560	0.584	0.608	0.633	0.657	0.682	0.706	0.730	0.755	0.779
$\mathbf{v=0.8}$	0.018	0.052	0.086	0.114	0.139	0.163	0.186	0.210	0.233	0.256	0.279	0.302	0.326	0.350	0.373	0.397	0.421	0.445	0.469	0.493	0.517	0.542	0.566	0.590	0.614	0.639	0.663	0.687	0.712	0.736	0.761
$\mathbf{v=0.9}$		0.017	0.051	0.085	0.116	0.143	0.168	0.192	0.215	0.239	0.262	0.285	0.309	0.332	0.356	0.380	0.403	0.427	0.451	0.475	0.499	0.523	0.547	0.572	0.596	0.620	0.644	0.669	0.693	0.717	0.742
$\mathbf{v=1.0}$			0.017	0.051	0.084	0.117	0.146	0.172	0.196	0.220	0.244	0.268	0.291	0.315	0.338	0.362	0.386	0.409	0.433	0.457	0.481	0.505	0.529	0.553	0.577	0.601	0.626	0.650	0.674	0.699	0.723
$\mathbf{v=1.1}$				0.016	0.050	0.084	0.117	0.147	0.175	0.200	0.225	0.249	0.273	0.296	0.320	0.344	0.367	0.391	0.415	0.439	0.463	0.487	0.511	0.535	0.559	0.583	0.607	0.631	0.655	0.680	0.704
$\mathbf{v=1.2}$					0.015	0.049	0.083	0.116	0.148	0.178	0.204	0.229	0.253	0.277	0.301	0.325	0.349	0.373	0.397	0.420	0.444	0.468	0.492	0.516	0.540	0.564	0.588	0.612	0.637	0.661	0.685
$\mathbf{v=1.3}$						0.015	0.049	0.082	0.116	0.149	0.179	0.208	0.233	0.258	0.282	0.306	0.330	0.354	0.378	0.402	0.426	0.449	0.473	0.497	0.521	0.545	0.569	0.594	0.618	0.642	0.666
$\mathbf{v=1.4}$							0.014	0.048	0.082	0.115	0.148	0.180	0.209	0.237	0.261	0.286	0.310	0.335	0.359	0.383	0.407	0.431	0.454	0.478	0.502	0.526	0.551	0.575	0.599	0.623	0.647
$\mathbf{v=1.5}$								0.014	0.048	0.081	0.115	0.148	0.180	0.210	0.239	0.265	0.290	0.315	0.339	0.363	0.387	0.411	0.435	0.459	0.483	0.507	0.531	0.555	0.580	0.604	0.628
$\mathbf{v=1.6}$									0.013	0.048	0.081	0.114	0.147	0.180	0.211	0.241	0.269	0.294	0.319	0.343	0.367	0.392	0.416	0.440	0.464	0.488	0.512	0.536	0.560	0.585	0.609
$\mathbf{v=1.7}$										0.013	0.048	0.081	0.114	0.147	0.180	0.212	0.242	0.271	0.298	0.323	0.347	0.372	0.396	0.420	0.444	0.469	0.493	0.517	0.541	0.565	0.589
$\mathbf{v=1.8}$											0.012	0.047	0.080	0.113	0.146	0.179	0.212	0.242	0.272	0.301	0.326	0.351	0.376	0.400	0.425	0.449	0.473	0.497	0.521	0.546	0.570
$\mathbf{v=1.9}$												0.011	0.047	0.080	0.113	0.146	0.179	0.211	0.243	0.273	0.302	0.330	0.355	0.380	0.404	0.429	0.453	0.477	0.502	0.526	0.550
$\mathbf{v=2.0}$													0.010	0.047	0.080	0.112	0.145	0.178	0.211	0.243	0.274	0.303	0.333	0.359	0.384	0.408	0.433	0.457	0.482	0.506	0.530
$\mathbf{v=2.1}$														0.006	0.046	0.079	0.112	0.145	0.178	0.211	0.243	0.274	0.304	0.334	0.362	0.387	0.412	0.437	0.461	0.486	0.510
$\mathbf{v=2.2}$															0.002	0.046	0.079	0.112	0.145	0.177	0.210	0.243	0.275	0.305	0.335	0.364	0.391	0.416	0.441	0.466	0.490
$\mathbf{v=2.3}$																0.045	0.079	0.112	0.144	0.177	0.210	0.242	0.275	0.306	0.336	0.365	0.395	0.420	0.445	0.469	
$\mathbf{v=2.4}$																	0.044	0.079	0.111	0.144	0.177	0.209	0.242	0.275	0.306	0.337	0.366	0.396	0.423	0.448	
$\mathbf{v=2.5}$																		0.044	0.079	0.111	0.144	0.176	0.209	0.242	0.274	0.307	0.337	0.367	0.397	0.426	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,10$ e $\lambda = 30$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

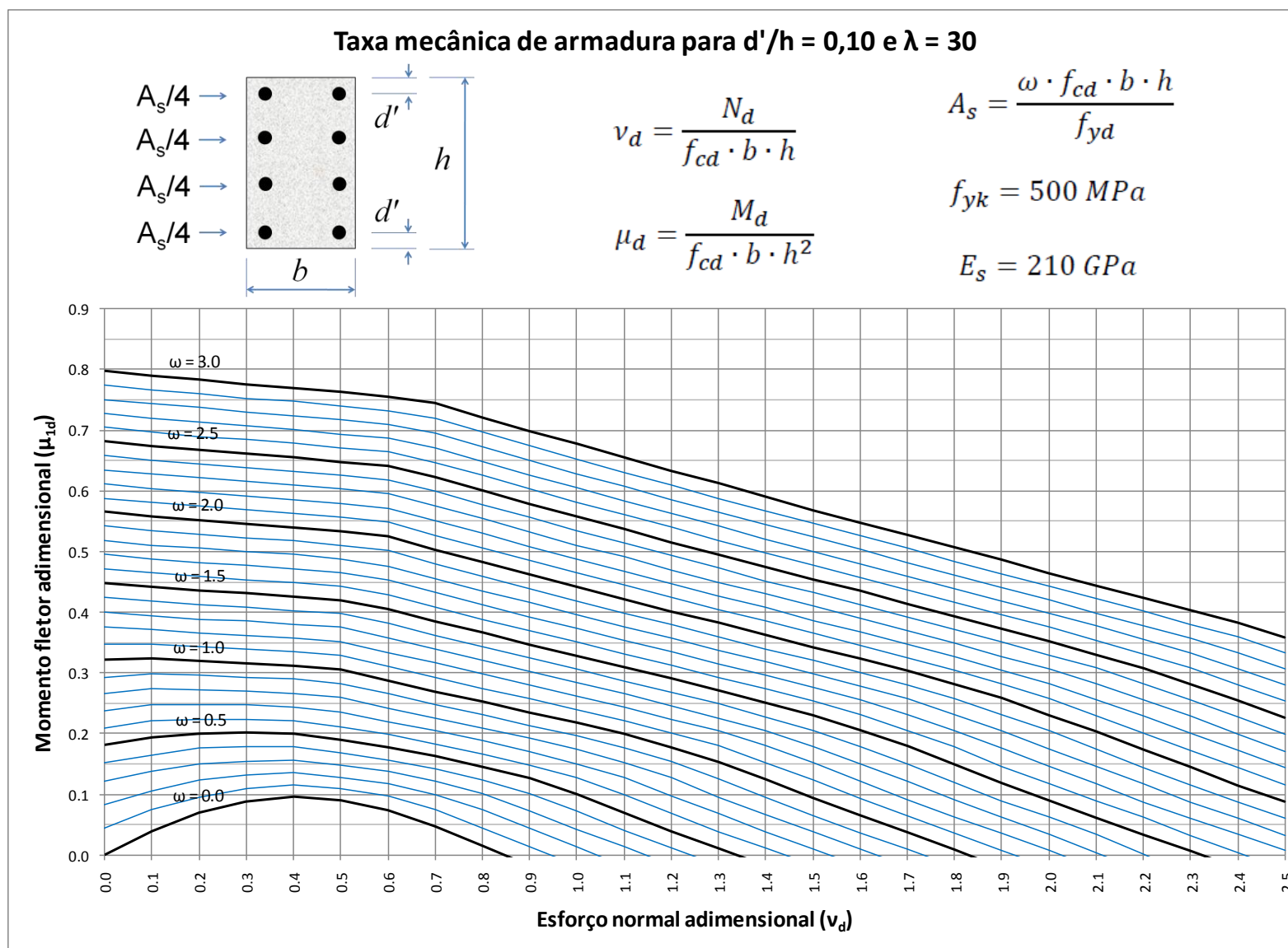
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

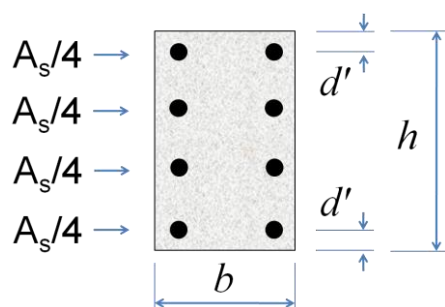
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.044	0.083	0.121	0.152	0.181	0.210	0.238	0.266	0.293	0.321	0.348	0.375	0.401	0.424	0.448	0.471	0.495	0.518	0.542	0.565	0.588	0.612	0.635	0.658	0.682	0.705	0.728	0.751	0.775	0.798
$v = 0.1$	0.039	0.074	0.106	0.137	0.165	0.193	0.221	0.248	0.275	0.299	0.323	0.347	0.371	0.394	0.418	0.441	0.465	0.488	0.511	0.535	0.558	0.581	0.604	0.628	0.651	0.674	0.697	0.720	0.744	0.767	0.790
$v = 0.2$	0.069	0.096	0.124	0.150	0.176	0.200	0.224	0.248	0.272	0.296	0.319	0.343	0.366	0.389	0.413	0.436	0.459	0.482	0.505	0.529	0.552	0.575	0.598	0.621	0.644	0.667	0.690	0.713	0.737	0.760	0.783
$v = 0.3$	0.088	0.110	0.132	0.155	0.178	0.201	0.224	0.247	0.270	0.293	0.316	0.339	0.362	0.385	0.408	0.431	0.454	0.477	0.500	0.523	0.546	0.569	0.592	0.615	0.638	0.661	0.684	0.707	0.730	0.753	0.776
$v = 0.4$	0.096	0.115	0.135	0.156	0.178	0.200	0.222	0.244	0.267	0.290	0.312	0.335	0.358	0.380	0.403	0.426	0.449	0.472	0.495	0.518	0.540	0.563	0.586	0.609	0.632	0.655	0.678	0.701	0.724	0.747	0.770
$v = 0.5$	0.091	0.110	0.128	0.148	0.169	0.190	0.212	0.235	0.259	0.282	0.306	0.329	0.352	0.375	0.398	0.420	0.443	0.466	0.488	0.511	0.534	0.557	0.580	0.603	0.625	0.648	0.671	0.694	0.717	0.740	0.763
$v = 0.6$	0.074	0.097	0.117	0.137	0.156	0.177	0.198	0.220	0.242	0.265	0.288	0.311	0.334	0.358	0.381	0.405	0.429	0.453	0.476	0.501	0.525	0.549	0.572	0.595	0.618	0.641	0.664	0.686	0.709	0.732	0.755
$v = 0.7$	0.047	0.075	0.100	0.122	0.142	0.163	0.183	0.205	0.226	0.248	0.270	0.293	0.316	0.339	0.362	0.385	0.409	0.432	0.456	0.479	0.503	0.527	0.551	0.575	0.599	0.623	0.647	0.671	0.696	0.720	0.744
$v = 0.8$	0.015	0.045	0.075	0.101	0.124	0.146	0.167	0.189	0.210	0.231	0.253	0.275	0.298	0.320	0.343	0.366	0.389	0.412	0.435	0.459	0.482	0.506	0.530	0.554	0.578	0.601	0.625	0.649	0.673	0.698	0.721
$v = 0.9$		0.014	0.044	0.073	0.101	0.127	0.149	0.171	0.192	0.214	0.235	0.258	0.280	0.302	0.325	0.347	0.370	0.393	0.416	0.439	0.462	0.485	0.509	0.532	0.556	0.579	0.603	0.627	0.651	0.675	0.699
$v = 1.0$			0.013	0.042	0.072	0.101	0.128	0.151	0.174	0.196	0.218	0.240	0.262	0.284	0.306	0.328	0.351	0.373	0.396	0.419	0.442	0.465	0.488	0.511	0.535	0.558	0.582	0.605	0.629	0.653	0.677
$v = 1.1$				0.013	0.041	0.070	0.100	0.127	0.153	0.176	0.199	0.221	0.243	0.265	0.287	0.309	0.332	0.354	0.376	0.399	0.421	0.445	0.468	0.491	0.514	0.537	0.561	0.584	0.607	0.631	0.655
$v = 1.2$					0.012	0.040	0.068	0.098	0.127	0.154	0.178	0.201	0.224	0.246	0.268	0.291	0.313	0.335	0.357	0.379	0.402	0.424	0.447	0.470	0.493	0.516	0.540	0.563	0.586	0.610	0.633
$v = 1.3$						0.011	0.039	0.068	0.096	0.126	0.153	0.180	0.204	0.226	0.249	0.271	0.293	0.315	0.337	0.360	0.382	0.404	0.427	0.450	0.473	0.495	0.519	0.542	0.565	0.588	0.612
$v = 1.4$							0.011	0.038	0.067	0.095	0.125	0.153	0.180	0.205	0.228	0.251	0.274	0.296	0.318	0.340	0.363	0.385	0.408	0.430	0.452	0.475	0.498	0.521	0.544	0.567	0.590
$v = 1.5$								0.010	0.038	0.065	0.094	0.123	0.152	0.179	0.206	0.230	0.254	0.276	0.299	0.320	0.343	0.365	0.387	0.410	0.432	0.455	0.478	0.500	0.524	0.546	0.569
$v = 1.6$									0.010	0.037	0.065	0.093	0.122	0.151	0.179	0.206	0.232	0.255	0.278	0.300	0.323	0.345	0.367	0.390	0.412	0.435	0.457	0.480	0.503	0.526	0.548
$v = 1.7$										0.009	0.037	0.064	0.092	0.121	0.150	0.179	0.206	0.232	0.257	0.280	0.303	0.325	0.347	0.370	0.392	0.414	0.437	0.459	0.482	0.505	0.528
$v = 1.8$											0.008	0.036	0.063	0.091	0.120	0.149	0.178	0.205	0.232	0.258	0.281	0.304	0.327	0.349	0.372	0.394	0.417	0.439	0.462	0.484	0.507
$v = 1.9$												0.008	0.036	0.063	0.090	0.119	0.147	0.177	0.204	0.232	0.258	0.282	0.305	0.328	0.351	0.373	0.396	0.418	0.441	0.464	0.487
$v = 2.0$													0.007	0.035	0.062	0.090	0.118	0.146	0.175	0.204	0.231	0.257	0.283	0.307	0.330	0.352	0.375	0.398	0.420	0.443	0.465
$v = 2.1$														0.004	0.035	0.062	0.089	0.117	0.145	0.174	0.203	0.230	0.256	0.283	0.309	0.331	0.354	0.377	0.399	0.422	0.444
$v = 2.2$															0.001	0.034	0.062	0.088	0.117	0.144	0.174	0.201	0.229	0.256	0.283	0.308	0.332	0.355	0.378	0.402	0.424
$v = 2.3$																0.033	0.061	0.087	0.115	0.144	0.173	0.200	0.229	0.255	0.282	0.308	0.334	0.357	0.380	0.403	
$v = 2.4$																	0.034	0.060	0.088	0.115	0.143	0.172	0.199	0.227	0.254	0.281	0.307	0.334	0.359	0.382	
$v = 2.5$																		0.033	0.060	0.088	0.115	0.143	0.170	0.199	0.226	0.254	0.280	0.306	0.333	0.359	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,10$ e $\lambda = 60$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

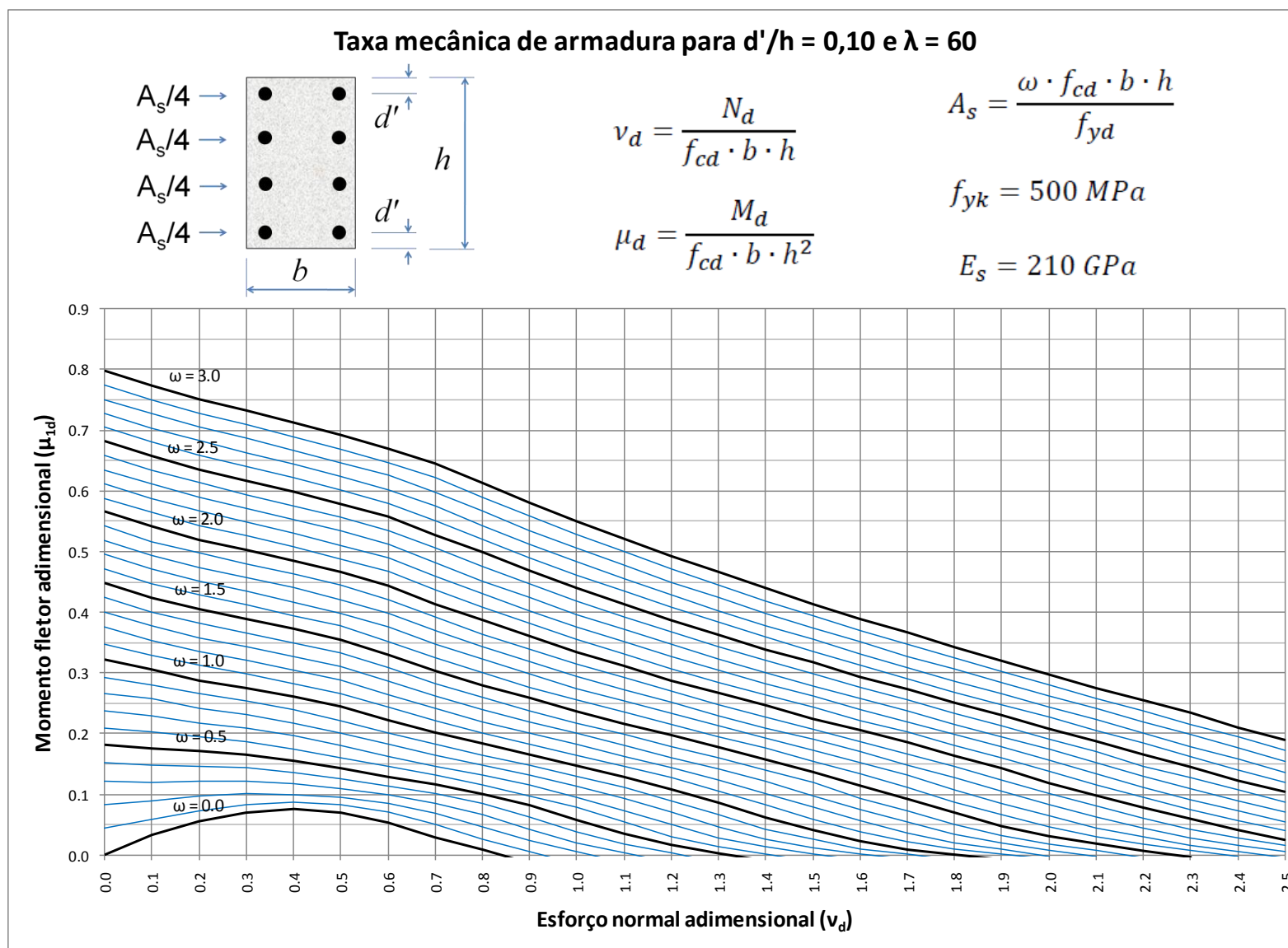
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

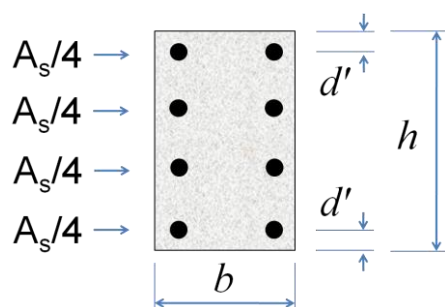
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\mathbf{v} = 0.0$	0.000	0.044	0.083	0.121	0.152	0.181	0.210	0.238	0.266	0.293	0.321	0.348	0.375	0.401	0.424	0.448	0.471	0.495	0.518	0.542	0.565	0.588	0.612	0.635	0.658	0.682	0.705	0.728	0.751	0.775	0.798
$\mathbf{v} = 0.1$	0.033	0.059	0.089	0.119	0.148	0.176	0.203	0.230	0.257	0.281	0.305	0.329	0.353	0.377	0.400	0.424	0.447	0.471	0.494	0.517	0.541	0.564	0.587	0.611	0.634	0.657	0.680	0.703	0.727	0.750	0.773
$\mathbf{v} = 0.2$	0.055	0.073	0.097	0.122	0.146	0.171	0.194	0.218	0.241	0.265	0.288	0.312	0.335	0.358	0.381	0.405	0.428	0.451	0.474	0.497	0.520	0.543	0.567	0.590	0.613	0.636	0.659	0.682	0.705	0.728	0.751
$\mathbf{v} = 0.3$	0.070	0.083	0.101	0.122	0.143	0.165	0.187	0.209	0.231	0.253	0.276	0.298	0.321	0.344	0.366	0.389	0.412	0.435	0.457	0.480	0.503	0.526	0.549	0.572	0.594	0.617	0.640	0.663	0.686	0.709	0.732
$\mathbf{v} = 0.4$	0.075	0.087	0.100	0.117	0.135	0.155	0.175	0.196	0.217	0.239	0.261	0.283	0.305	0.328	0.350	0.372	0.395	0.417	0.440	0.463	0.485	0.508	0.531	0.553	0.576	0.599	0.622	0.644	0.667	0.690	0.713
$\mathbf{v} = 0.5$	0.070	0.083	0.096	0.109	0.125	0.142	0.161	0.180	0.201	0.222	0.244	0.267	0.289	0.311	0.333	0.355	0.377	0.399	0.421	0.444	0.466	0.488	0.511	0.534	0.556	0.579	0.601	0.624	0.646	0.669	0.692
$\mathbf{v} = 0.6$	0.053	0.071	0.086	0.100	0.114	0.129	0.145	0.163	0.182	0.201	0.222	0.243	0.264	0.286	0.308	0.330	0.352	0.375	0.398	0.421	0.444	0.467	0.490	0.512	0.534	0.557	0.579	0.602	0.625	0.647	0.670
$\mathbf{v} = 0.7$	0.029	0.050	0.069	0.085	0.101	0.116	0.131	0.147	0.164	0.182	0.201	0.221	0.241	0.262	0.283	0.304	0.326	0.347	0.370	0.392	0.414	0.437	0.460	0.482	0.505	0.528	0.551	0.575	0.598	0.622	0.645
$\mathbf{v} = 0.8$	0.008	0.026	0.046	0.066	0.084	0.100	0.116	0.132	0.148	0.165	0.183	0.201	0.220	0.240	0.260	0.280	0.301	0.322	0.343	0.364	0.386	0.408	0.430	0.452	0.475	0.498	0.520	0.543	0.566	0.589	0.612
$\mathbf{v} = 0.9$		0.006	0.023	0.042	0.062	0.081	0.098	0.115	0.131	0.148	0.165	0.182	0.200	0.219	0.238	0.258	0.277	0.298	0.318	0.339	0.360	0.381	0.403	0.424	0.446	0.468	0.490	0.513	0.535	0.558	0.580
$\mathbf{v} = 1.0$			0.005	0.020	0.038	0.058	0.078	0.096	0.113	0.130	0.147	0.164	0.182	0.200	0.218	0.237	0.256	0.275	0.294	0.314	0.335	0.355	0.376	0.397	0.418	0.440	0.462	0.484	0.506	0.528	0.550
$\mathbf{v} = 1.1$				0.004	0.018	0.035	0.054	0.073	0.093	0.111	0.129	0.146	0.163	0.180	0.199	0.217	0.235	0.253	0.272	0.292	0.311	0.331	0.351	0.371	0.392	0.413	0.434	0.456	0.477	0.499	0.521
$\mathbf{v} = 1.2$					0.003	0.016	0.031	0.050	0.070	0.089	0.109	0.127	0.144	0.161	0.179	0.197	0.215	0.233	0.251	0.270	0.288	0.307	0.327	0.347	0.367	0.387	0.408	0.429	0.450	0.471	0.493
$\mathbf{v} = 1.3$						0.003	0.014	0.029	0.046	0.066	0.086	0.105	0.124	0.142	0.160	0.178	0.195	0.213	0.230	0.248	0.267	0.285	0.304	0.323	0.343	0.363	0.383	0.403	0.424	0.445	0.466
$\mathbf{v} = 1.4$							0.002	0.013	0.027	0.043	0.062	0.082	0.102	0.121	0.140	0.158	0.176	0.193	0.210	0.228	0.246	0.264	0.282	0.301	0.320	0.339	0.359	0.378	0.398	0.419	0.439
$\mathbf{v} = 1.5$								0.002	0.011	0.025	0.041	0.059	0.079	0.098	0.119	0.137	0.155	0.173	0.191	0.208	0.225	0.243	0.261	0.279	0.298	0.317	0.335	0.355	0.374	0.394	0.414
$\mathbf{v} = 1.6$									0.002	0.010	0.023	0.038	0.056	0.075	0.094	0.115	0.134	0.152	0.170	0.187	0.205	0.222	0.240	0.258	0.276	0.294	0.313	0.331	0.351	0.370	0.390
$\mathbf{v} = 1.7$										0.001	0.009	0.021	0.037	0.054	0.072	0.092	0.111	0.131	0.149	0.167	0.185	0.202	0.219	0.237	0.255	0.273	0.291	0.309	0.328	0.347	0.366
$\mathbf{v} = 1.8$											0.001	0.009	0.020	0.034	0.051	0.069	0.088	0.108	0.127	0.146	0.163	0.181	0.198	0.216	0.234	0.251	0.269	0.287	0.306	0.324	0.343
$\mathbf{v} = 1.9$												0.001	0.009	0.019	0.033	0.048	0.067	0.086	0.105	0.123	0.142	0.160	0.178	0.195	0.213	0.230	0.248	0.266	0.284	0.302	0.320
$\mathbf{v} = 2.0$														0.008	0.018	0.032	0.047	0.064	0.082	0.101	0.119	0.137	0.156	0.174	0.191	0.209	0.227	0.244	0.262	0.280	0.298
$\mathbf{v} = 2.1$															0.007	0.018	0.030	0.045	0.062	0.080	0.098	0.116	0.133	0.152	0.170	0.188	0.206	0.223	0.241	0.258	0.276
$\mathbf{v} = 2.2$																0.007	0.017	0.030	0.044	0.061	0.078	0.095	0.112	0.130	0.147	0.166	0.184	0.201	0.219	0.238	0.255
$\mathbf{v} = 2.3$																	0.007	0.016	0.029	0.043	0.059	0.075	0.092	0.109	0.127	0.144	0.162	0.179	0.198	0.215	0.234
$\mathbf{v} = 2.4$																		0.006	0.016	0.028	0.041	0.056	0.073	0.090	0.107	0.122	0.140	0.158	0.176	0.194	0.211
$\mathbf{v} = 2.5$																			0.006	0.015	0.026	0.040	0.055	0.071	0.088	0.104	0.120	0.136	0.154	0.173	0.190



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,10$ e $\lambda = 90$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

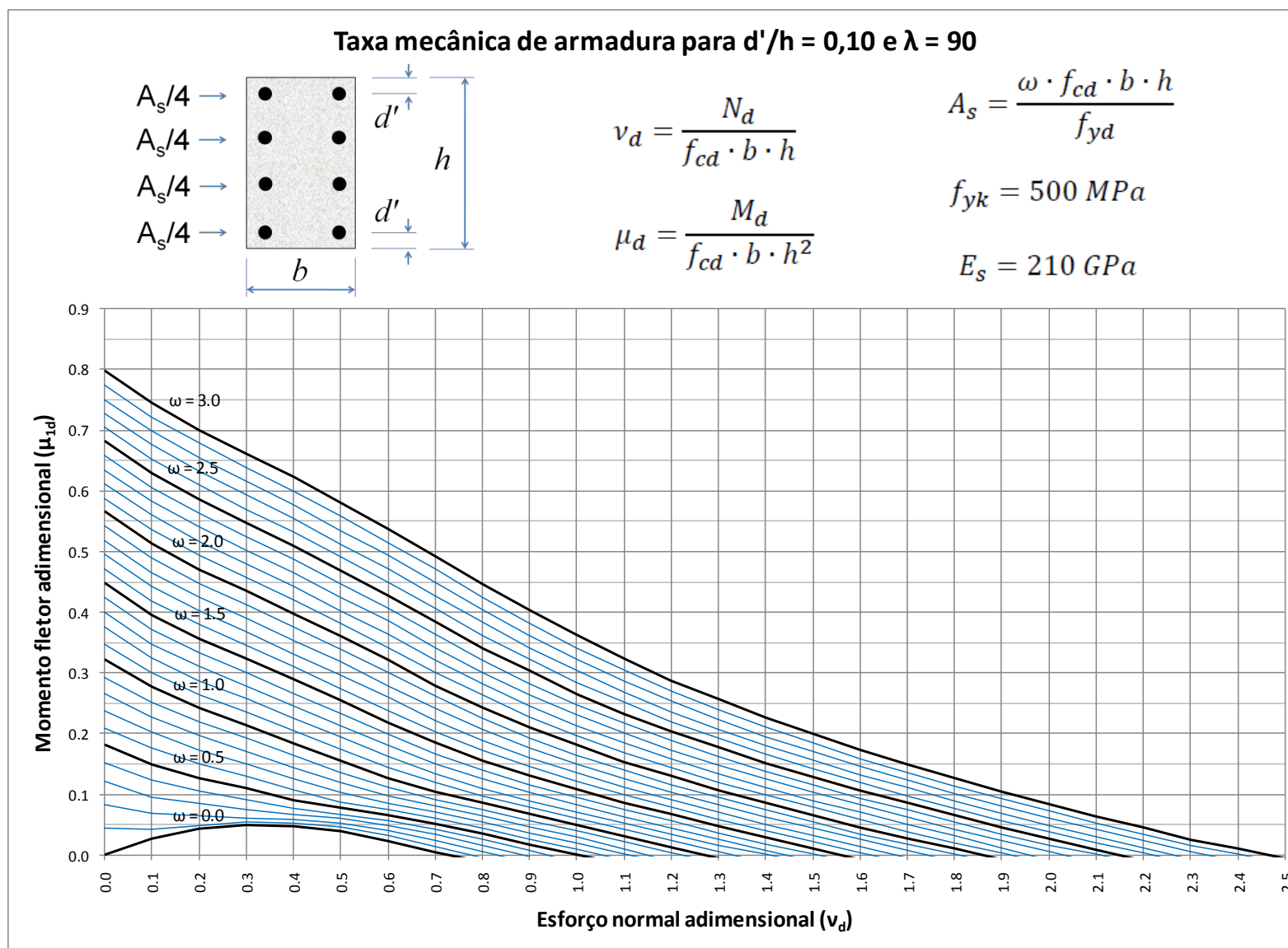
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

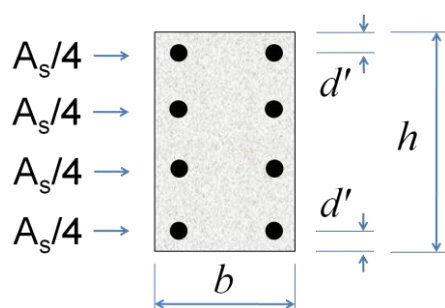
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.044	0.083	0.121	0.152	0.181	0.210	0.238	0.266	0.293	0.321	0.348	0.375	0.401	0.424	0.448	0.471	0.495	0.518	0.542	0.565	0.588	0.612	0.635	0.658	0.682	0.705	0.728	0.751	0.775	0.798
$v = 0.1$	0.028	0.043	0.068	0.095	0.123	0.149	0.176	0.202	0.228	0.252	0.277	0.301	0.325	0.348	0.372	0.396	0.419	0.443	0.466	0.490	0.513	0.536	0.560	0.583	0.606	0.629	0.653	0.676	0.699	0.722	0.745
$v = 0.2$	0.043	0.049	0.065	0.085	0.105	0.127	0.150	0.173	0.196	0.219	0.242	0.264	0.287	0.310	0.333	0.356	0.379	0.402	0.425	0.448	0.471	0.494	0.517	0.540	0.563	0.586	0.609	0.632	0.655	0.678	0.701
$v = 0.3$	0.049	0.054	0.061	0.074	0.092	0.111	0.130	0.151	0.171	0.192	0.214	0.235	0.257	0.279	0.301	0.323	0.345	0.367	0.390	0.412	0.435	0.457	0.479	0.502	0.525	0.547	0.570	0.593	0.615	0.638	0.661
$v = 0.4$	0.047	0.053	0.059	0.066	0.077	0.091	0.108	0.126	0.144	0.164	0.184	0.204	0.225	0.246	0.267	0.289	0.310	0.332	0.354	0.376	0.398	0.420	0.442	0.465	0.487	0.509	0.532	0.554	0.577	0.599	0.622
$v = 0.5$	0.039	0.046	0.053	0.060	0.067	0.077	0.088	0.103	0.119	0.136	0.155	0.174	0.194	0.214	0.234	0.255	0.275	0.296	0.318	0.339	0.360	0.382	0.403	0.425	0.447	0.469	0.491	0.513	0.535	0.558	0.580
$v = 0.6$	0.022	0.032	0.041	0.049	0.057	0.065	0.074	0.084	0.097	0.111	0.127	0.144	0.162	0.180	0.199	0.218	0.238	0.259	0.279	0.300	0.321	0.342	0.364	0.385	0.407	0.428	0.449	0.471	0.493	0.515	0.537
$v = 0.7$	0.005	0.014	0.024	0.034	0.043	0.051	0.060	0.070	0.080	0.091	0.104	0.119	0.134	0.151	0.167	0.185	0.203	0.222	0.241	0.261	0.280	0.301	0.321	0.342	0.363	0.384	0.406	0.427	0.449	0.471	0.493
$v = 0.8$			0.006	0.016	0.026	0.036	0.045	0.054	0.064	0.074	0.085	0.097	0.110	0.125	0.140	0.156	0.173	0.189	0.207	0.225	0.243	0.263	0.282	0.301	0.321	0.341	0.362	0.383	0.404	0.425	0.446
$v = 0.9$					0.007	0.017	0.027	0.037	0.047	0.057	0.068	0.078	0.090	0.103	0.116	0.131	0.145	0.161	0.176	0.193	0.210	0.228	0.246	0.264	0.283	0.303	0.322	0.342	0.362	0.382	0.403
$v = 1.0$						0.001	0.009	0.019	0.030	0.040	0.050	0.060	0.071	0.082	0.095	0.108	0.121	0.135	0.150	0.165	0.181	0.197	0.214	0.231	0.248	0.266	0.285	0.304	0.323	0.342	0.362
$v = 1.1$								0.002	0.010	0.021	0.032	0.042	0.053	0.063	0.075	0.086	0.099	0.112	0.125	0.140	0.154	0.169	0.184	0.200	0.217	0.233	0.251	0.269	0.286	0.305	0.324
$v = 1.2$									0.004	0.013	0.023	0.034	0.045	0.056	0.067	0.079	0.091	0.103	0.116	0.130	0.144	0.158	0.173	0.188	0.204	0.220	0.236	0.253	0.271	0.288	
$v = 1.3$												0.005	0.016	0.026	0.037	0.048	0.059	0.071	0.083	0.095	0.107	0.120	0.134	0.148	0.162	0.177	0.192	0.207	0.223	0.239	0.256
$v = 1.4$													0.001	0.008	0.018	0.029	0.040	0.051	0.062	0.074	0.086	0.099	0.111	0.125	0.138	0.152	0.166	0.181	0.195	0.211	0.226
$v = 1.5$															0.002	0.011	0.021	0.032	0.044	0.055	0.066	0.078	0.090	0.103	0.116	0.128	0.142	0.156	0.170	0.185	0.199
$v = 1.6$																	0.004	0.014	0.025	0.035	0.046	0.058	0.070	0.082	0.094	0.106	0.119	0.132	0.146	0.159	0.174
$v = 1.7$																			0.007	0.017	0.028	0.039	0.050	0.062	0.074	0.085	0.098	0.111	0.123	0.136	0.150
$v = 1.8$																				0.001	0.010	0.020	0.032	0.042	0.054	0.066	0.077	0.089	0.102	0.114	0.127
$v = 1.9$																						0.003	0.012	0.024	0.034	0.046	0.057	0.069	0.081	0.093	0.105
$v = 2.0$																								0.006	0.016	0.027	0.038	0.049	0.061	0.073	0.084
$v = 2.1$																									0.001	0.009	0.020	0.030	0.042	0.053	0.064
$v = 2.2$																										0.003	0.012	0.023	0.034	0.045	
$v = 2.3$																												0.006	0.016	0.026	
$v = 2.4$																													0.001	0.010	
$v = 2.5$																															



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,15$ e $\lambda = 0$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

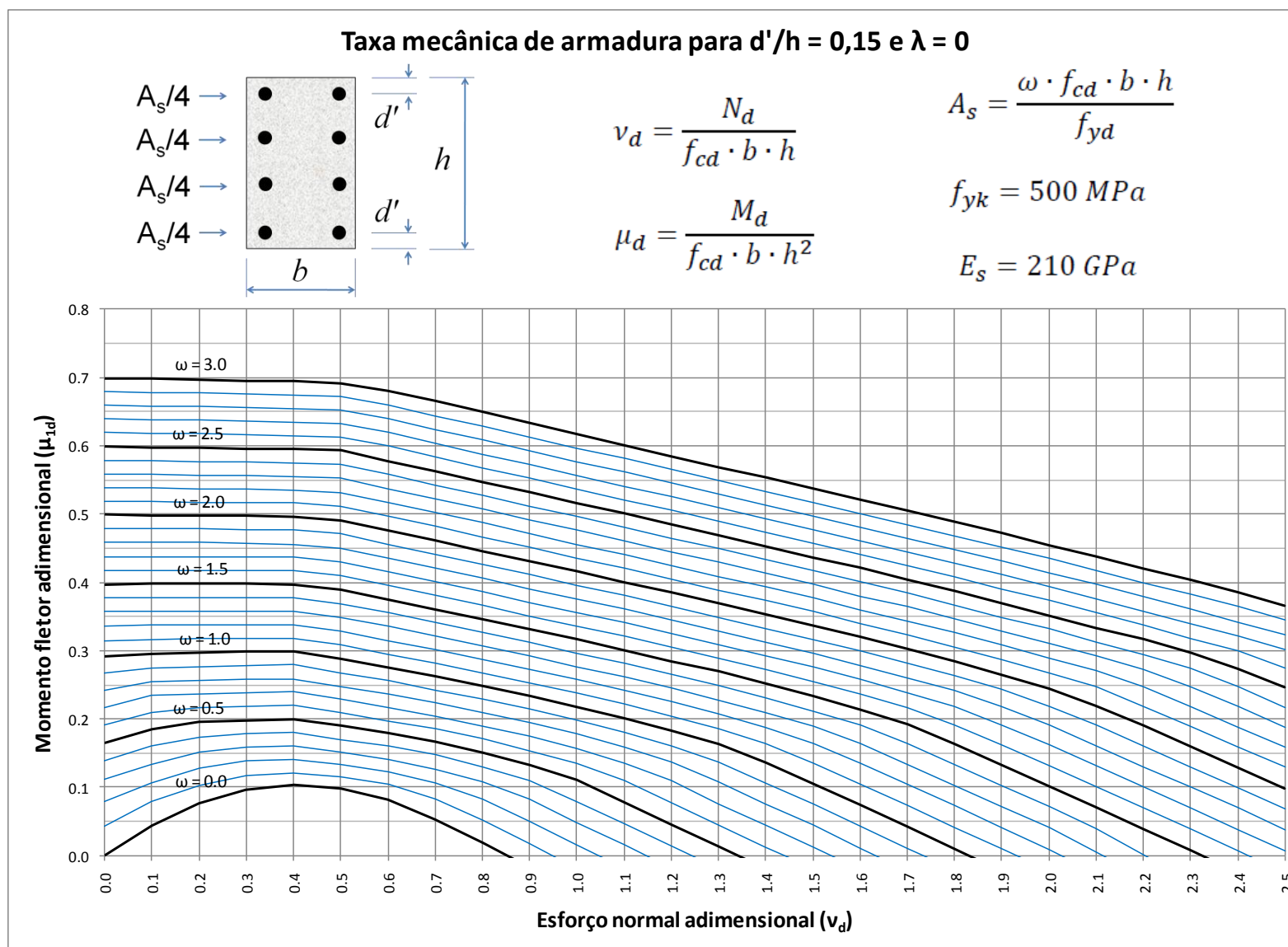
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

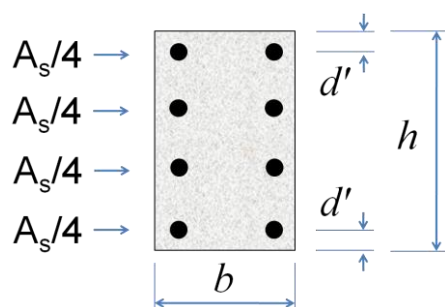
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\mathbf{v} = 0.0$	0.000	0.043	0.079	0.112	0.139	0.165	0.191	0.217	0.242	0.267	0.292	0.315	0.336	0.357	0.377	0.397	0.418	0.438	0.458	0.478	0.499	0.519	0.539	0.559	0.579	0.599	0.619	0.639	0.659	0.679	0.699
$\mathbf{v} = 0.1$	0.044	0.079	0.107	0.134	0.160	0.185	0.210	0.234	0.255	0.275	0.296	0.316	0.337	0.357	0.377	0.398	0.418	0.438	0.458	0.478	0.498	0.518	0.538	0.558	0.578	0.598	0.618	0.638	0.658	0.678	0.698
$\mathbf{v} = 0.2$	0.076	0.103	0.128	0.152	0.174	0.195	0.216	0.236	0.257	0.277	0.297	0.317	0.337	0.358	0.378	0.398	0.418	0.438	0.458	0.478	0.497	0.517	0.537	0.557	0.577	0.597	0.617	0.637	0.657	0.677	0.696
$\mathbf{v} = 0.3$	0.096	0.117	0.138	0.158	0.178	0.198	0.218	0.238	0.258	0.278	0.298	0.318	0.338	0.358	0.378	0.398	0.417	0.437	0.457	0.477	0.497	0.517	0.536	0.556	0.576	0.596	0.616	0.636	0.655	0.675	0.695
$\mathbf{v} = 0.4$	0.103	0.121	0.140	0.160	0.180	0.200	0.220	0.240	0.259	0.279	0.299	0.318	0.338	0.358	0.377	0.397	0.417	0.437	0.456	0.476	0.496	0.516	0.535	0.555	0.575	0.595	0.615	0.634	0.654	0.674	0.694
$\mathbf{v} = 0.5$	0.099	0.116	0.134	0.152	0.170	0.190	0.209	0.229	0.248	0.268	0.288	0.308	0.329	0.349	0.369	0.389	0.410	0.430	0.450	0.471	0.491	0.512	0.532	0.553	0.573	0.593	0.613	0.633	0.653	0.673	0.692
$\mathbf{v} = 0.6$	0.082	0.104	0.123	0.141	0.160	0.179	0.197	0.217	0.236	0.256	0.275	0.295	0.315	0.335	0.355	0.375	0.395	0.416	0.436	0.456	0.476	0.497	0.517	0.537	0.558	0.578	0.599	0.619	0.640	0.660	0.680
$\mathbf{v} = 0.7$	0.053	0.083	0.107	0.127	0.147	0.166	0.185	0.204	0.223	0.242	0.262	0.281	0.301	0.321	0.341	0.361	0.381	0.401	0.421	0.441	0.461	0.482	0.502	0.522	0.542	0.563	0.583	0.603	0.624	0.644	0.665
$\mathbf{v} = 0.8$	0.018	0.052	0.083	0.108	0.130	0.151	0.171	0.190	0.209	0.229	0.248	0.267	0.287	0.307	0.326	0.346	0.366	0.386	0.406	0.426	0.446	0.466	0.487	0.507	0.527	0.547	0.568	0.588	0.608	0.629	0.649
$\mathbf{v} = 0.9$		0.017	0.050	0.082	0.110	0.133	0.154	0.175	0.194	0.214	0.234	0.253	0.273	0.292	0.312	0.332	0.351	0.371	0.391	0.411	0.431	0.451	0.471	0.491	0.512	0.532	0.552	0.572	0.592	0.613	0.633
$\mathbf{v} = 1.0$			0.016	0.048	0.080	0.110	0.135	0.157	0.178	0.198	0.218	0.238	0.258	0.277	0.297	0.317	0.336	0.356	0.376	0.396	0.416	0.436	0.456	0.476	0.496	0.516	0.536	0.556	0.577	0.597	0.617
$\mathbf{v} = 1.1$				0.015	0.047	0.079	0.110	0.136	0.159	0.181	0.201	0.222	0.242	0.262	0.281	0.301	0.321	0.341	0.361	0.381	0.400	0.420	0.440	0.460	0.480	0.501	0.521	0.541	0.561	0.581	0.601
$\mathbf{v} = 1.2$					0.014	0.046	0.078	0.109	0.137	0.161	0.183	0.204	0.225	0.245	0.265	0.285	0.305	0.325	0.345	0.365	0.385	0.405	0.425	0.445	0.465	0.485	0.505	0.525	0.545	0.565	0.585
$\mathbf{v} = 1.3$						0.013	0.045	0.076	0.108	0.137	0.163	0.186	0.207	0.228	0.249	0.269	0.289	0.309	0.329	0.349	0.369	0.389	0.409	0.429	0.449	0.469	0.489	0.509	0.529	0.549	0.569
$\mathbf{v} = 1.4$							0.013	0.044	0.075	0.106	0.137	0.165	0.188	0.210	0.231	0.252	0.272	0.293	0.313	0.333	0.353	0.373	0.393	0.413	0.433	0.453	0.473	0.493	0.513	0.533	0.553
$\mathbf{v} = 1.5$								0.012	0.044	0.075	0.105	0.136	0.165	0.190	0.212	0.234	0.255	0.276	0.296	0.316	0.336	0.357	0.377	0.397	0.417	0.437	0.457	0.477	0.497	0.517	0.537
$\mathbf{v} = 1.6$									0.011	0.043	0.074	0.104	0.135	0.165	0.192	0.214	0.236	0.258	0.278	0.299	0.320	0.340	0.360	0.380	0.401	0.421	0.441	0.461	0.481	0.501	0.521
$\mathbf{v} = 1.7$										0.011	0.043	0.073	0.104	0.134	0.164	0.192	0.216	0.239	0.260	0.281	0.302	0.323	0.343	0.364	0.384	0.404	0.424	0.444	0.465	0.485	0.505
$\mathbf{v} = 1.8$											0.010	0.042	0.073	0.103	0.133	0.164	0.192	0.219	0.241	0.263	0.284	0.305	0.326	0.346	0.367	0.387	0.408	0.428	0.448	0.468	0.488
$\mathbf{v} = 1.9$												0.010	0.041	0.072	0.102	0.132	0.162	0.192	0.219	0.243	0.265	0.287	0.308	0.329	0.349	0.370	0.390	0.411	0.431	0.452	0.472
$\mathbf{v} = 2.0$													0.008	0.041	0.072	0.102	0.132	0.162	0.192	0.219	0.245	0.268	0.289	0.311	0.332	0.352	0.373	0.394	0.414	0.435	0.455
$\mathbf{v} = 2.1$														0.005	0.040	0.071	0.101	0.131	0.161	0.191	0.220	0.247	0.270	0.292	0.313	0.334	0.355	0.376	0.397	0.417	0.438
$\mathbf{v} = 2.2$															0.002	0.039	0.071	0.100	0.130	0.160	0.190	0.219	0.247	0.272	0.294	0.316	0.337	0.358	0.379	0.400	0.420
$\mathbf{v} = 2.3$																0.039	0.070	0.100	0.130	0.159	0.189	0.219	0.247	0.274	0.297	0.318	0.340	0.361	0.382	0.403	
$\mathbf{v} = 2.4$																	0.038	0.070	0.099	0.129	0.159	0.188	0.218	0.247	0.274	0.299	0.321	0.342	0.364	0.385	
$\mathbf{v} = 2.5$																		0.038	0.069	0.099	0.129	0.158	0.188	0.217	0.247	0.274	0.301	0.323	0.345	0.366	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,15$ e $\lambda = 30$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

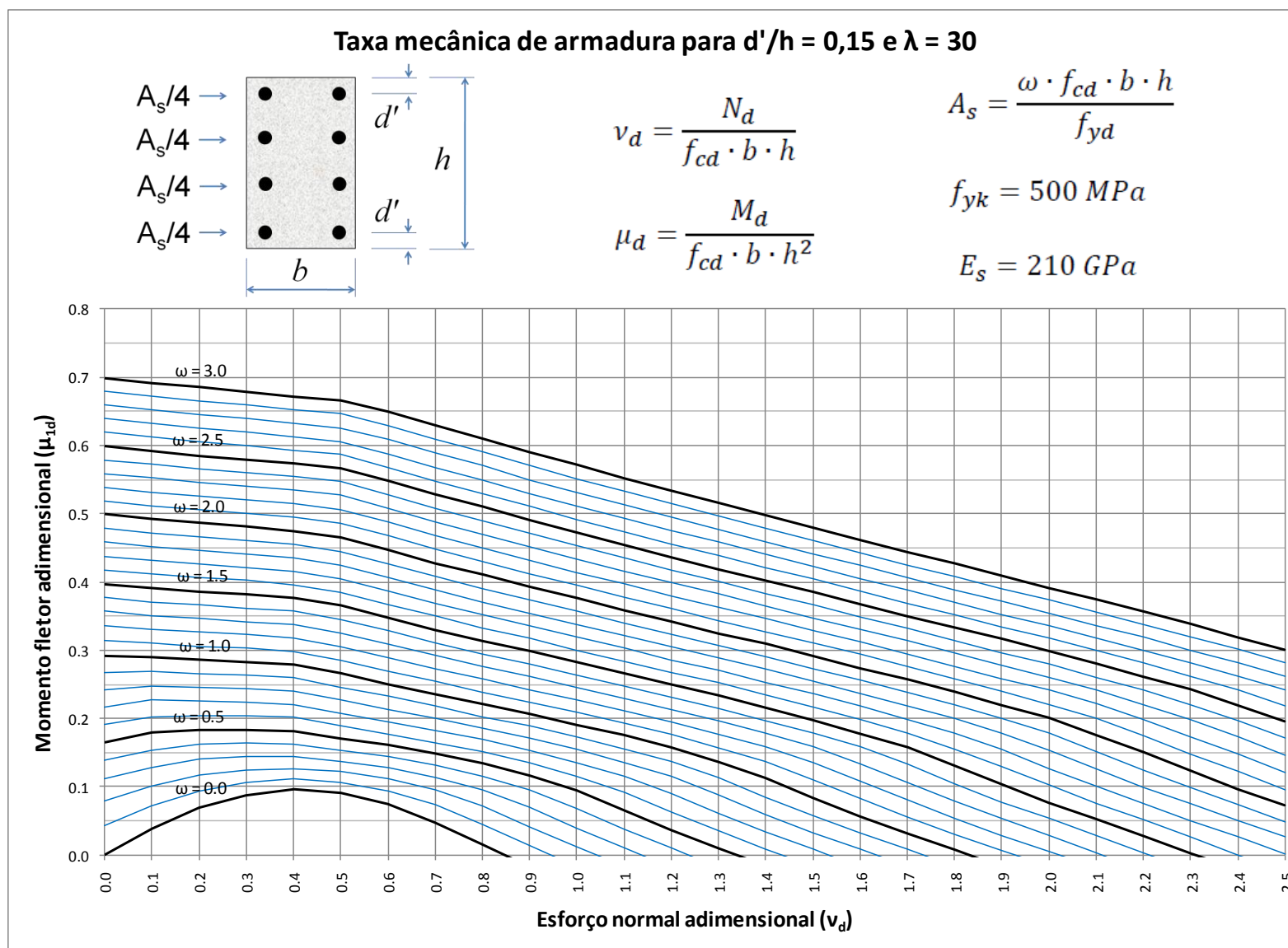
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

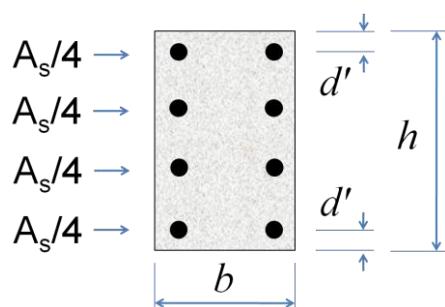
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\nu = 0.0$	0.000	0.043	0.079	0.112	0.139	0.165	0.191	0.217	0.242	0.267	0.292	0.315	0.336	0.357	0.377	0.397	0.418	0.438	0.458	0.478	0.499	0.519	0.539	0.559	0.579	0.599	0.619	0.639	0.659	0.679	0.699
$\nu = 0.1$	0.039	0.072	0.101	0.128	0.153	0.179	0.203	0.227	0.248	0.269	0.289	0.310	0.330	0.351	0.371	0.391	0.411	0.431	0.452	0.472	0.492	0.512	0.532	0.552	0.572	0.592	0.612	0.632	0.652	0.672	0.691
$\nu = 0.2$	0.069	0.094	0.118	0.141	0.163	0.184	0.204	0.225	0.245	0.265	0.286	0.306	0.326	0.346	0.366	0.386	0.406	0.426	0.446	0.466	0.486	0.506	0.526	0.546	0.565	0.585	0.605	0.625	0.645	0.665	0.685
$\nu = 0.3$	0.088	0.106	0.125	0.145	0.165	0.184	0.204	0.224	0.243	0.263	0.283	0.303	0.323	0.342	0.362	0.382	0.402	0.421	0.441	0.461	0.481	0.500	0.520	0.540	0.560	0.579	0.599	0.619	0.639	0.659	0.679
$\nu = 0.4$	0.096	0.111	0.127	0.145	0.163	0.182	0.202	0.221	0.240	0.260	0.279	0.298	0.318	0.337	0.357	0.377	0.396	0.416	0.436	0.455	0.475	0.495	0.514	0.534	0.554	0.573	0.593	0.613	0.633	0.652	0.672
$\nu = 0.5$	0.091	0.106	0.122	0.137	0.154	0.171	0.189	0.208	0.227	0.246	0.266	0.285	0.305	0.325	0.345	0.365	0.385	0.405	0.425	0.445	0.465	0.486	0.506	0.527	0.547	0.567	0.587	0.606	0.626	0.646	0.665
$\nu = 0.6$	0.074	0.094	0.112	0.128	0.144	0.161	0.177	0.195	0.213	0.232	0.250	0.269	0.289	0.308	0.328	0.347	0.367	0.387	0.407	0.427	0.447	0.467	0.487	0.507	0.527	0.548	0.568	0.588	0.608	0.629	0.649
$\nu = 0.7$	0.047	0.074	0.096	0.114	0.132	0.149	0.165	0.182	0.200	0.218	0.236	0.254	0.273	0.292	0.311	0.330	0.350	0.369	0.389	0.409	0.428	0.448	0.468	0.488	0.508	0.528	0.548	0.568	0.589	0.609	0.629
$\nu = 0.8$	0.015	0.044	0.072	0.095	0.116	0.134	0.151	0.169	0.186	0.203	0.221	0.239	0.258	0.276	0.295	0.314	0.333	0.352	0.371	0.391	0.411	0.430	0.450	0.470	0.489	0.510	0.530	0.550	0.570	0.590	0.610
$\nu = 0.9$		0.014	0.042	0.070	0.095	0.116	0.136	0.154	0.172	0.189	0.207	0.224	0.242	0.261	0.279	0.298	0.317	0.335	0.354	0.374	0.393	0.412	0.432	0.452	0.471	0.491	0.511	0.530	0.550	0.570	0.590
$\nu = 1.0$			0.013	0.040	0.068	0.094	0.116	0.136	0.155	0.174	0.191	0.209	0.227	0.245	0.263	0.282	0.300	0.319	0.338	0.357	0.376	0.395	0.414	0.434	0.453	0.473	0.492	0.512	0.532	0.551	0.571
$\nu = 1.1$				0.011	0.038	0.065	0.092	0.116	0.136	0.156	0.175	0.193	0.211	0.229	0.248	0.266	0.284	0.303	0.321	0.340	0.359	0.378	0.397	0.416	0.435	0.455	0.474	0.494	0.513	0.533	0.552
$\nu = 1.2$					0.010	0.036	0.063	0.090	0.115	0.137	0.157	0.176	0.194	0.213	0.231	0.250	0.268	0.286	0.305	0.324	0.342	0.361	0.380	0.399	0.418	0.437	0.456	0.475	0.495	0.514	0.534
$\nu = 1.3$						0.010	0.035	0.061	0.088	0.114	0.137	0.157	0.177	0.196	0.215	0.233	0.252	0.270	0.288	0.307	0.325	0.344	0.363	0.382	0.401	0.419	0.439	0.458	0.477	0.496	0.516
$\nu = 1.4$							0.009	0.034	0.060	0.085	0.112	0.137	0.158	0.178	0.197	0.216	0.235	0.253	0.272	0.290	0.309	0.327	0.346	0.365	0.383	0.402	0.421	0.440	0.459	0.478	0.497
$\nu = 1.5$								0.008	0.033	0.058	0.084	0.110	0.135	0.158	0.179	0.198	0.217	0.236	0.255	0.273	0.292	0.311	0.329	0.347	0.366	0.385	0.404	0.422	0.441	0.461	0.479
$\nu = 1.6$									0.008	0.032	0.057	0.082	0.108	0.134	0.158	0.178	0.198	0.218	0.237	0.256	0.274	0.294	0.312	0.331	0.349	0.368	0.387	0.405	0.424	0.443	0.462
$\nu = 1.7$										0.008	0.031	0.055	0.081	0.106	0.133	0.157	0.179	0.199	0.219	0.238	0.258	0.276	0.295	0.314	0.332	0.350	0.369	0.388	0.406	0.425	0.444
$\nu = 1.8$											0.007	0.031	0.054	0.079	0.104	0.131	0.156	0.179	0.200	0.220	0.239	0.258	0.277	0.296	0.315	0.333	0.352	0.371	0.389	0.408	0.427
$\nu = 1.9$												0.007	0.029	0.053	0.078	0.104	0.129	0.155	0.179	0.201	0.220	0.240	0.259	0.278	0.297	0.316	0.334	0.353	0.372	0.391	0.409
$\nu = 2.0$													0.005	0.029	0.053	0.077	0.102	0.127	0.153	0.178	0.201	0.221	0.241	0.260	0.279	0.298	0.317	0.336	0.354	0.373	0.391
$\nu = 2.1$														0.003	0.028	0.053	0.076	0.101	0.126	0.151	0.176	0.201	0.222	0.242	0.260	0.280	0.299	0.318	0.336	0.355	0.374
$\nu = 2.2$																0.028	0.052	0.075	0.099	0.124	0.150	0.175	0.199	0.221	0.241	0.261	0.281	0.299	0.319	0.338	0.356
$\nu = 2.3$																	0.026	0.051	0.075	0.099	0.123	0.148	0.174	0.198	0.221	0.242	0.261	0.281	0.300	0.320	0.338
$\nu = 2.4$																		0.026	0.050	0.073	0.097	0.122	0.148	0.173	0.197	0.220	0.241	0.262	0.281	0.301	0.319
$\nu = 2.5$																			0.026	0.049	0.073	0.096	0.121	0.146	0.171	0.195	0.219	0.241	0.261	0.281	0.301



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,15$ e $\lambda = 60$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

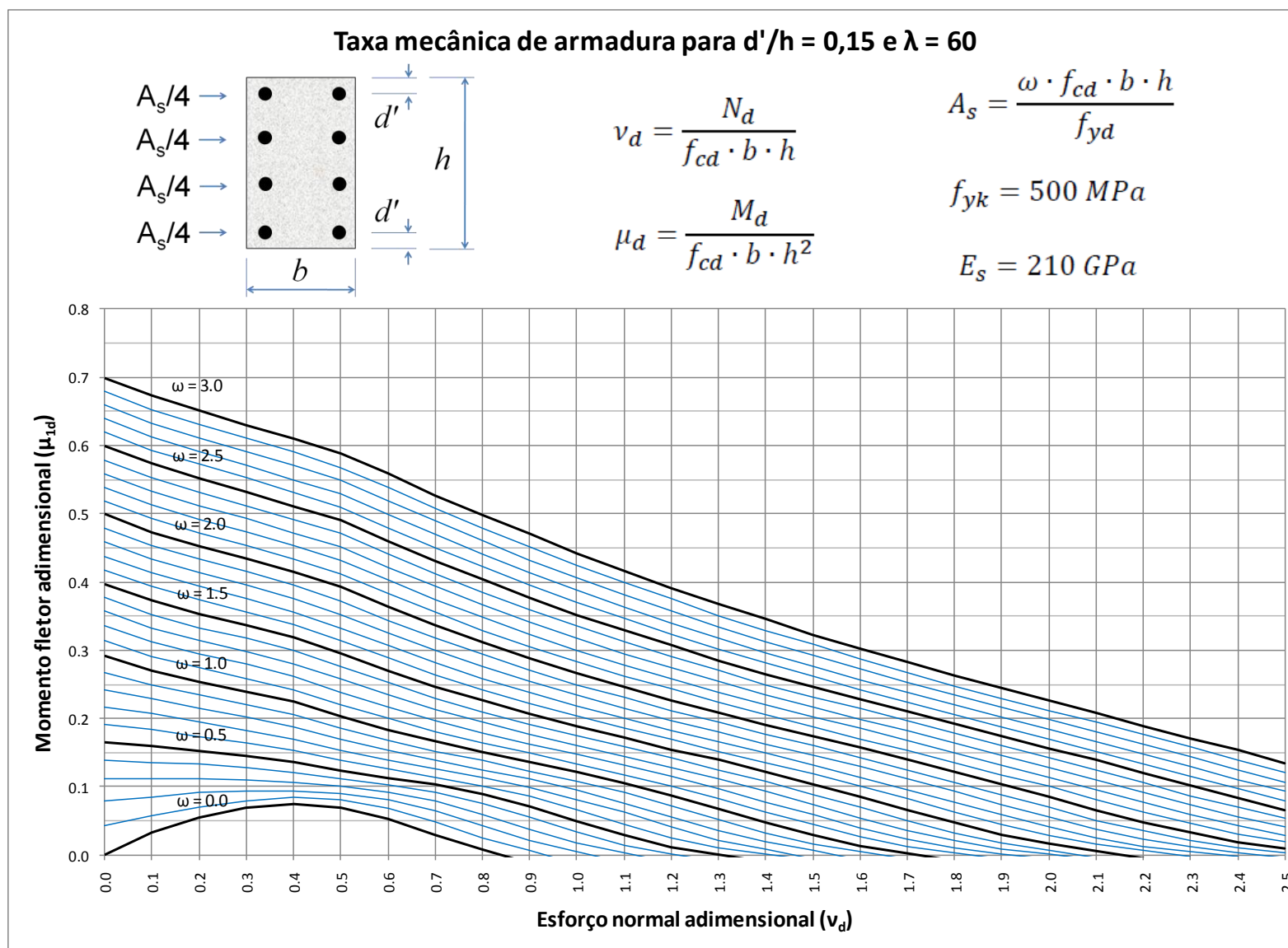
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

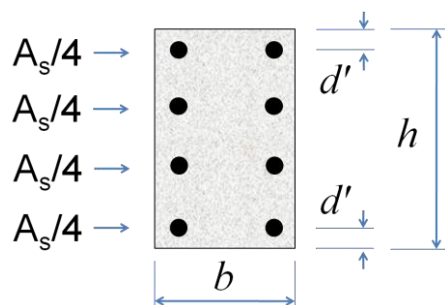
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.043	0.079	0.112	0.139	0.165	0.191	0.217	0.242	0.267	0.292	0.315	0.336	0.357	0.377	0.397	0.418	0.438	0.458	0.478	0.499	0.519	0.539	0.559	0.579	0.599	0.619	0.639	0.659	0.679	0.699
$v = 0.1$	0.033	0.057	0.085	0.111	0.136	0.160	0.184	0.207	0.229	0.250	0.270	0.291	0.312	0.332	0.352	0.373	0.393	0.413	0.433	0.453	0.473	0.493	0.513	0.533	0.553	0.573	0.593	0.613	0.633	0.653	0.673
$v = 0.2$	0.055	0.070	0.091	0.112	0.133	0.153	0.174	0.194	0.214	0.234	0.254	0.274	0.294	0.314	0.333	0.353	0.373	0.393	0.413	0.433	0.453	0.472	0.492	0.512	0.532	0.552	0.572	0.591	0.611	0.631	0.651
$v = 0.3$	0.070	0.079	0.094	0.110	0.128	0.146	0.164	0.183	0.202	0.221	0.240	0.259	0.279	0.298	0.317	0.337	0.356	0.376	0.395	0.415	0.434	0.454	0.473	0.493	0.512	0.532	0.552	0.571	0.591	0.611	0.630
$v = 0.4$	0.075	0.084	0.094	0.106	0.120	0.136	0.153	0.170	0.187	0.205	0.224	0.242	0.261	0.280	0.299	0.318	0.337	0.356	0.375	0.395	0.414	0.434	0.453	0.472	0.492	0.511	0.531	0.550	0.570	0.590	0.609
$v = 0.5$	0.070	0.081	0.090	0.100	0.111	0.124	0.138	0.153	0.169	0.186	0.203	0.221	0.239	0.258	0.276	0.295	0.314	0.333	0.353	0.372	0.392	0.411	0.431	0.451	0.471	0.491	0.510	0.529	0.549	0.568	0.588
$v = 0.6$	0.053	0.068	0.081	0.092	0.103	0.113	0.126	0.139	0.153	0.168	0.183	0.200	0.217	0.234	0.252	0.270	0.288	0.307	0.325	0.344	0.363	0.382	0.402	0.421	0.440	0.460	0.479	0.499	0.519	0.539	0.559
$v = 0.7$	0.029	0.048	0.065	0.079	0.091	0.103	0.114	0.126	0.138	0.152	0.166	0.181	0.197	0.213	0.230	0.247	0.264	0.282	0.300	0.318	0.337	0.355	0.374	0.393	0.412	0.431	0.450	0.469	0.489	0.508	0.527
$v = 0.8$	0.008	0.025	0.043	0.060	0.075	0.089	0.101	0.113	0.125	0.138	0.151	0.164	0.179	0.194	0.210	0.226	0.242	0.259	0.276	0.294	0.311	0.329	0.348	0.366	0.385	0.403	0.422	0.441	0.460	0.479	0.498
$v = 0.9$		0.006	0.021	0.038	0.055	0.071	0.086	0.099	0.111	0.123	0.136	0.149	0.163	0.177	0.191	0.207	0.222	0.238	0.254	0.271	0.288	0.306	0.323	0.341	0.359	0.377	0.395	0.414	0.432	0.451	0.470
$v = 1.0$			0.005	0.018	0.034	0.050	0.066	0.081	0.095	0.108	0.121	0.134	0.147	0.161	0.175	0.189	0.204	0.219	0.234	0.250	0.267	0.283	0.300	0.317	0.335	0.352	0.370	0.388	0.406	0.424	0.442
$v = 1.1$				0.003	0.014	0.029	0.045	0.062	0.076	0.091	0.105	0.118	0.132	0.145	0.158	0.172	0.186	0.200	0.215	0.231	0.246	0.262	0.278	0.295	0.312	0.329	0.346	0.363	0.381	0.399	0.417
$v = 1.2$					0.002	0.012	0.025	0.041	0.056	0.072	0.087	0.101	0.115	0.128	0.142	0.155	0.169	0.183	0.197	0.212	0.227	0.243	0.258	0.274	0.290	0.307	0.323	0.340	0.357	0.375	0.391
$v = 1.3$						0.001	0.010	0.021	0.036	0.052	0.068	0.083	0.098	0.111	0.125	0.139	0.152	0.166	0.180	0.194	0.209	0.224	0.239	0.254	0.270	0.285	0.302	0.318	0.334	0.351	0.368
$v = 1.4$							0.001	0.008	0.019	0.032	0.048	0.063	0.078	0.093	0.108	0.122	0.136	0.149	0.163	0.177	0.191	0.206	0.220	0.235	0.250	0.265	0.281	0.297	0.313	0.329	0.345
$v = 1.5$								0.006	0.016	0.029	0.044	0.059	0.074	0.089	0.104	0.119	0.132	0.146	0.160	0.174	0.188	0.203	0.217	0.231	0.246	0.261	0.277	0.292	0.308	0.323	
$v = 1.6$									0.005	0.014	0.026	0.039	0.054	0.070	0.086	0.100	0.114	0.129	0.142	0.157	0.170	0.185	0.199	0.214	0.228	0.242	0.257	0.272	0.287	0.302	
$v = 1.7$										0.003	0.012	0.023	0.036	0.051	0.066	0.082	0.096	0.111	0.125	0.139	0.154	0.167	0.182	0.196	0.210	0.224	0.238	0.253	0.268	0.283	
$v = 1.8$											0.003	0.010	0.021	0.032	0.047	0.062	0.077	0.093	0.107	0.122	0.136	0.150	0.164	0.178	0.192	0.206	0.220	0.234	0.248	0.263	
$v = 1.9$												0.002	0.009	0.018	0.030	0.044	0.059	0.074	0.088	0.104	0.118	0.132	0.146	0.161	0.174	0.188	0.202	0.216	0.230	0.244	
$v = 2.0$														0.001	0.007	0.016	0.028	0.041	0.055	0.070	0.085	0.100	0.114	0.128	0.142	0.156	0.170	0.184	0.198	0.212	
$v = 2.1$																0.006	0.015	0.025	0.038	0.051	0.066	0.081	0.096	0.110	0.124	0.139	0.152	0.166	0.180	0.194	
$v = 2.2$																	0.006	0.013	0.023	0.035	0.048	0.063	0.077	0.091	0.106	0.120	0.134	0.147	0.162	0.176	
$v = 2.3$																		0.005	0.012	0.022	0.033	0.046	0.060	0.074	0.087	0.101	0.115	0.130	0.144	0.158	
$v = 2.4$																			0.004	0.011	0.019	0.031	0.043	0.056	0.070	0.083	0.097	0.110	0.125	0.139	
$v = 2.5$																				0.003	0.010	0.019	0.029	0.041	0.054	0.066	0.079	0.093	0.106	0.121	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,15$ e $\lambda = 90$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

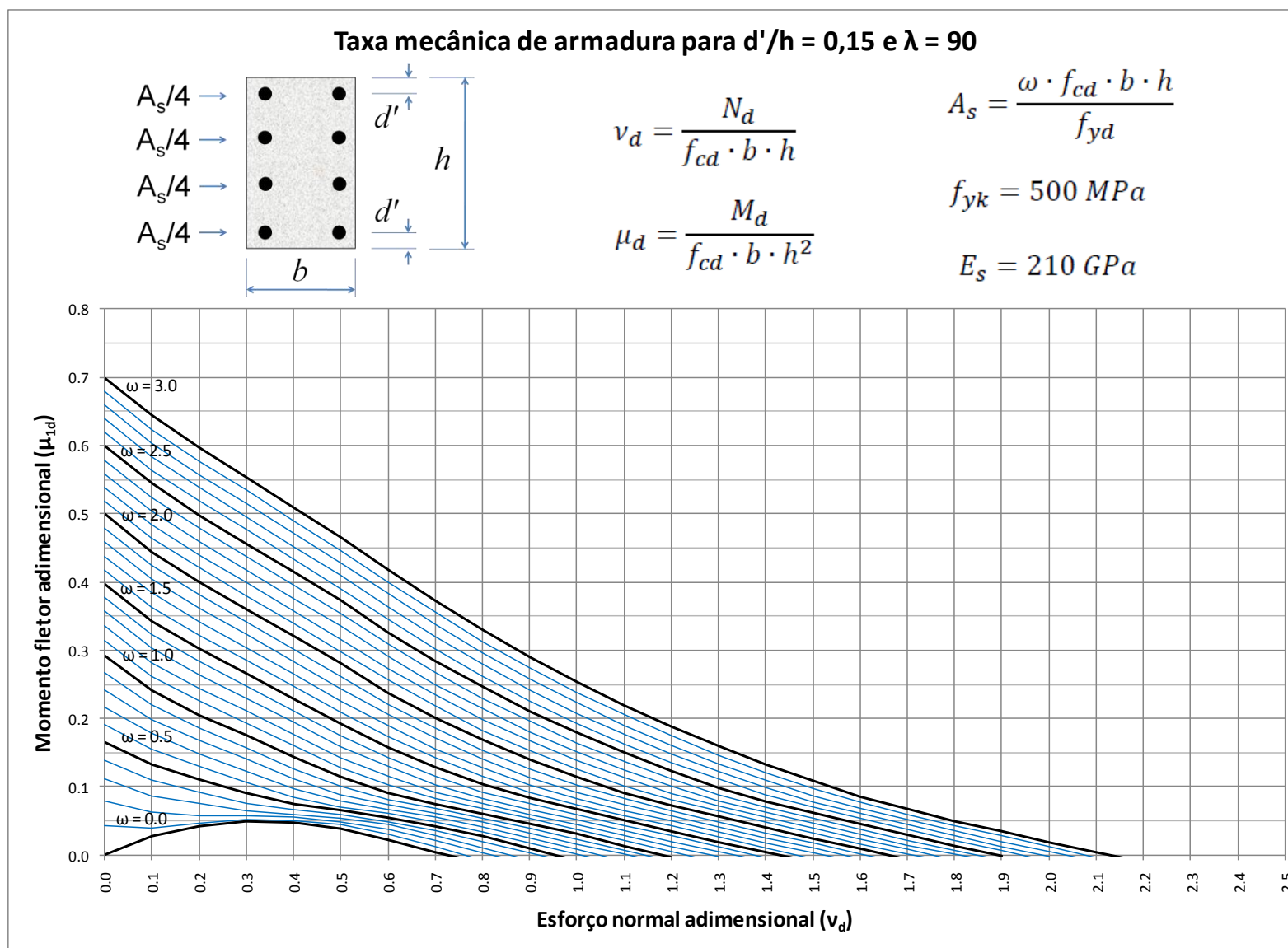
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

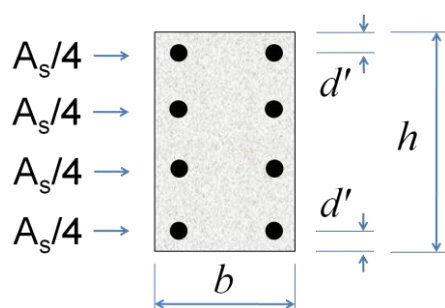
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega=0.0$	$\omega=0.1$	$\omega=0.2$	$\omega=0.3$	$\omega=0.4$	$\omega=0.5$	$\omega=0.6$	$\omega=0.7$	$\omega=0.8$	$\omega=0.9$	$\omega=1.0$	$\omega=1.1$	$\omega=1.2$	$\omega=1.3$	$\omega=1.4$	$\omega=1.5$	$\omega=1.6$	$\omega=1.7$	$\omega=1.8$	$\omega=1.9$	$\omega=2.0$	$\omega=2.1$	$\omega=2.2$	$\omega=2.3$	$\omega=2.4$	$\omega=2.5$	$\omega=2.6$	$\omega=2.7$	$\omega=2.8$	$\omega=2.9$	$\omega=3.0$
$v=0.0$	0.000	0.043	0.079	0.112	0.139	0.165	0.191	0.217	0.242	0.267	0.292	0.315	0.336	0.357	0.377	0.397	0.418	0.438	0.458	0.478	0.499	0.519	0.539	0.559	0.579	0.599	0.619	0.639	0.659	0.679	0.699
$v=0.1$	0.028	0.040	0.063	0.087	0.110	0.133	0.156	0.178	0.199	0.220	0.241	0.262	0.282	0.303	0.323	0.343	0.363	0.384	0.404	0.424	0.444	0.464	0.484	0.504	0.524	0.544	0.564	0.584	0.604	0.624	0.644
$v=0.2$	0.043	0.047	0.058	0.075	0.092	0.110	0.129	0.148	0.167	0.186	0.205	0.225	0.244	0.263	0.283	0.302	0.322	0.341	0.361	0.381	0.400	0.420	0.439	0.459	0.479	0.498	0.518	0.538	0.557	0.577	0.597
$v=0.3$	0.049	0.052	0.057	0.064	0.076	0.091	0.106	0.123	0.140	0.157	0.175	0.193	0.211	0.229	0.248	0.266	0.285	0.304	0.323	0.342	0.361	0.380	0.399	0.418	0.437	0.457	0.476	0.495	0.515	0.534	0.553
$v=0.4$	0.047	0.051	0.055	0.060	0.066	0.074	0.084	0.098	0.112	0.127	0.143	0.160	0.176	0.194	0.211	0.229	0.247	0.265	0.283	0.302	0.320	0.339	0.357	0.376	0.395	0.414	0.433	0.452	0.471	0.490	0.509
$v=0.5$	0.039	0.044	0.049	0.054	0.059	0.065	0.071	0.079	0.089	0.101	0.114	0.128	0.143	0.159	0.175	0.192	0.209	0.226	0.244	0.262	0.280	0.298	0.316	0.335	0.354	0.373	0.391	0.410	0.428	0.447	0.466
$v=0.6$	0.022	0.031	0.038	0.044	0.049	0.055	0.061	0.067	0.074	0.081	0.091	0.102	0.115	0.129	0.143	0.157	0.173	0.189	0.205	0.221	0.238	0.256	0.273	0.291	0.308	0.326	0.345	0.363	0.382	0.400	0.419
$v=0.7$	0.005	0.012	0.021	0.029	0.036	0.042	0.049	0.055	0.061	0.068	0.075	0.083	0.092	0.103	0.115	0.128	0.142	0.156	0.171	0.186	0.201	0.218	0.234	0.250	0.267	0.284	0.302	0.319	0.337	0.355	0.373
$v=0.8$			0.004	0.011	0.019	0.027	0.034	0.041	0.048	0.054	0.061	0.068	0.075	0.083	0.092	0.103	0.115	0.128	0.141	0.154	0.169	0.183	0.199	0.214	0.230	0.246	0.262	0.279	0.296	0.313	0.330
$v=0.9$					0.003	0.009	0.018	0.025	0.032	0.040	0.046	0.053	0.060	0.067	0.075	0.083	0.092	0.103	0.114	0.127	0.140	0.153	0.167	0.181	0.196	0.211	0.226	0.242	0.258	0.274	0.290
$v=1.0$							0.002	0.008	0.016	0.024	0.031	0.038	0.045	0.052	0.059	0.067	0.074	0.083	0.092	0.102	0.114	0.126	0.139	0.152	0.165	0.179	0.193	0.208	0.223	0.238	0.253
$v=1.1$									0.001	0.007	0.014	0.022	0.029	0.036	0.043	0.051	0.058	0.065	0.073	0.082	0.091	0.101	0.113	0.125	0.137	0.150	0.163	0.177	0.190	0.205	0.219
$v=1.2$												0.005	0.013	0.020	0.028	0.035	0.043	0.050	0.057	0.065	0.073	0.081	0.090	0.101	0.112	0.124	0.136	0.148	0.161	0.175	0.188
$v=1.3$														0.005	0.012	0.019	0.027	0.034	0.041	0.049	0.056	0.064	0.072	0.080	0.089	0.099	0.111	0.122	0.134	0.146	0.159
$v=1.4$																0.004	0.011	0.018	0.025	0.033	0.040	0.048	0.055	0.062	0.071	0.079	0.088	0.099	0.110	0.121	0.133
$v=1.5$																		0.003	0.010	0.017	0.024	0.032	0.039	0.047	0.054	0.062	0.070	0.078	0.087	0.098	0.109
$v=1.6$																				0.002	0.009	0.016	0.023	0.030	0.038	0.045	0.053	0.061	0.069	0.077	0.086
$v=1.7$																					0.002	0.008	0.014	0.022	0.029	0.037	0.044	0.052	0.060	0.067	
$v=1.8$																							0.001	0.007	0.014	0.021	0.028	0.035	0.043	0.050	
$v=1.9$																									0.006	0.013	0.020	0.028	0.034		
$v=2.0$																													0.005	0.012	0.019
$v=2.1$																															0.004
$v=2.2$																															
$v=2.3$																															
$v=2.4$																															
$v=2.5$																															



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,20$ e $\lambda = 0$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

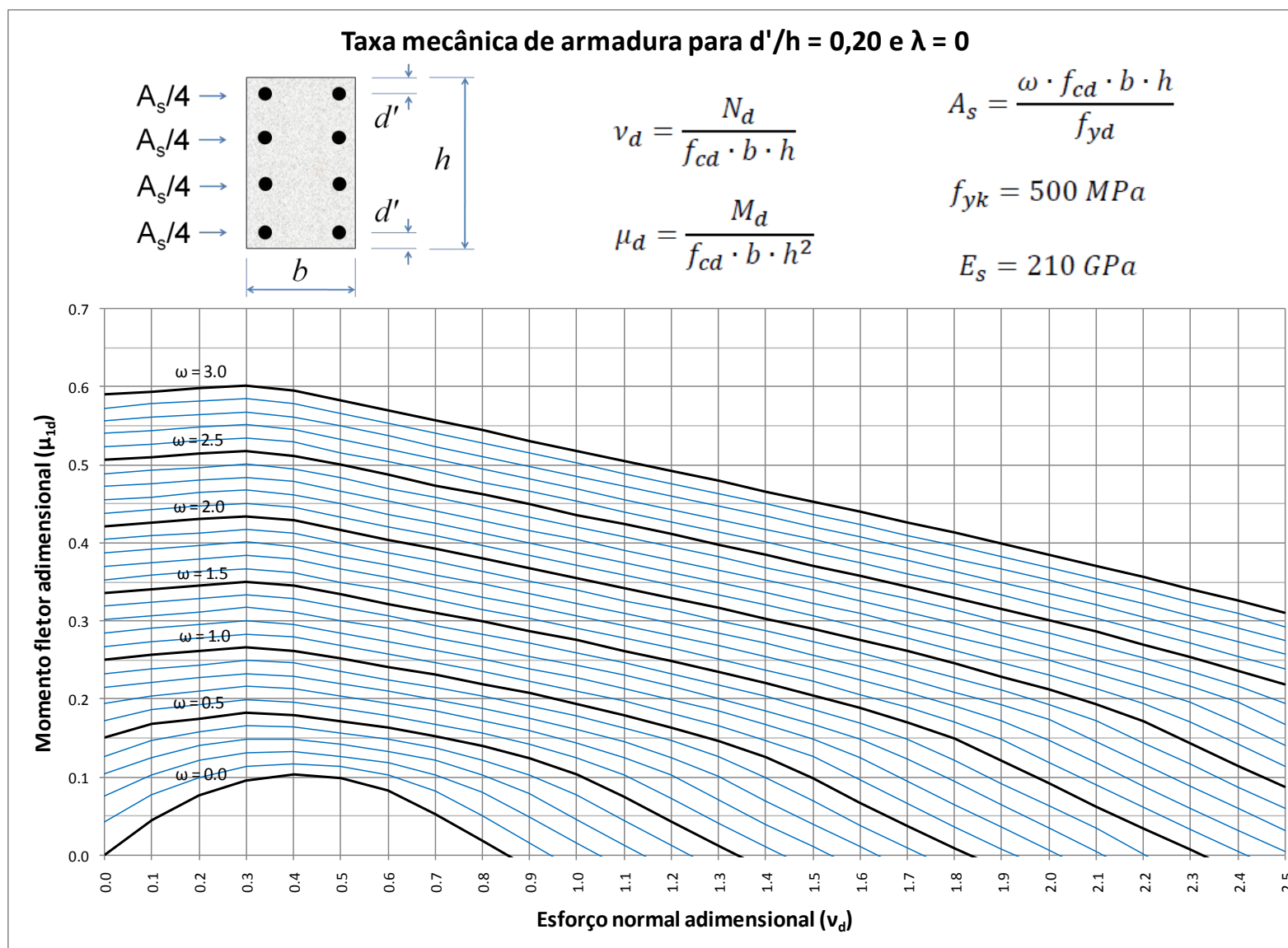
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

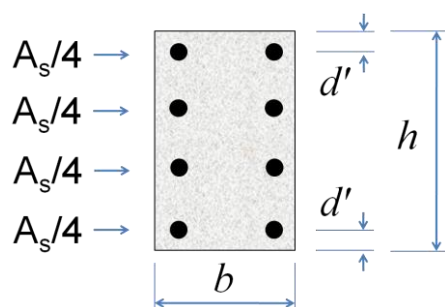
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.043	0.076	0.104	0.127	0.150	0.172	0.194	0.215	0.232	0.250	0.267	0.285	0.302	0.319	0.336	0.353	0.370	0.387	0.404	0.421	0.438	0.455	0.472	0.489	0.506	0.523	0.540	0.556	0.573	0.590
$v = 0.1$	0.044	0.077	0.102	0.125	0.147	0.168	0.186	0.203	0.221	0.238	0.256	0.273	0.290	0.307	0.324	0.341	0.358	0.375	0.392	0.409	0.426	0.443	0.459	0.476	0.493	0.510	0.527	0.544	0.561	0.578	0.594
$v = 0.2$	0.076	0.100	0.121	0.140	0.158	0.175	0.193	0.210	0.227	0.244	0.261	0.278	0.295	0.312	0.329	0.346	0.363	0.379	0.396	0.413	0.430	0.447	0.464	0.481	0.497	0.514	0.531	0.548	0.565	0.582	0.598
$v = 0.3$	0.096	0.114	0.131	0.148	0.165	0.182	0.199	0.216	0.232	0.249	0.266	0.283	0.300	0.317	0.333	0.350	0.367	0.384	0.401	0.417	0.434	0.451	0.468	0.484	0.501	0.518	0.535	0.551	0.568	0.585	0.601
$v = 0.4$	0.103	0.117	0.132	0.148	0.164	0.180	0.196	0.213	0.229	0.246	0.262	0.279	0.295	0.312	0.329	0.345	0.362	0.379	0.395	0.412	0.429	0.445	0.462	0.479	0.495	0.512	0.529	0.546	0.562	0.579	0.596
$v = 0.5$	0.099	0.113	0.127	0.142	0.157	0.172	0.188	0.204	0.220	0.236	0.252	0.268	0.285	0.301	0.317	0.334	0.350	0.367	0.383	0.400	0.417	0.433	0.450	0.466	0.483	0.500	0.516	0.533	0.550	0.566	0.583
$v = 0.6$	0.082	0.102	0.118	0.133	0.148	0.163	0.179	0.194	0.210	0.225	0.241	0.257	0.274	0.290	0.306	0.322	0.339	0.355	0.371	0.388	0.404	0.421	0.437	0.454	0.470	0.487	0.504	0.520	0.537	0.554	0.570
$v = 0.7$	0.053	0.082	0.103	0.121	0.137	0.153	0.168	0.184	0.199	0.215	0.231	0.246	0.262	0.278	0.294	0.311	0.327	0.343	0.359	0.376	0.392	0.409	0.425	0.441	0.458	0.474	0.491	0.507	0.524	0.541	0.557
$v = 0.8$	0.018	0.051	0.080	0.103	0.122	0.140	0.156	0.172	0.188	0.204	0.219	0.235	0.251	0.267	0.283	0.299	0.315	0.331	0.347	0.364	0.380	0.396	0.413	0.429	0.445	0.462	0.478	0.495	0.511	0.528	0.544
$v = 0.9$		0.016	0.048	0.079	0.103	0.124	0.142	0.159	0.175	0.191	0.207	0.223	0.239	0.255	0.271	0.287	0.303	0.319	0.335	0.351	0.368	0.384	0.400	0.416	0.433	0.449	0.466	0.482	0.498	0.515	0.531
$v = 1.0$			0.015	0.046	0.077	0.103	0.124	0.143	0.161	0.178	0.194	0.210	0.227	0.243	0.259	0.275	0.291	0.307	0.323	0.339	0.355	0.371	0.388	0.404	0.420	0.436	0.453	0.469	0.486	0.502	0.518
$v = 1.1$				0.013	0.044	0.075	0.103	0.125	0.145	0.163	0.180	0.197	0.213	0.230	0.246	0.262	0.278	0.294	0.310	0.326	0.342	0.359	0.375	0.391	0.407	0.424	0.440	0.456	0.473	0.489	0.505
$v = 1.2$					0.012	0.043	0.073	0.102	0.125	0.146	0.164	0.182	0.199	0.216	0.232	0.249	0.265	0.281	0.297	0.314	0.330	0.346	0.362	0.378	0.395	0.411	0.427	0.443	0.460	0.476	0.492
$v = 1.3$						0.012	0.041	0.071	0.101	0.126	0.146	0.166	0.184	0.201	0.218	0.235	0.251	0.268	0.284	0.300	0.317	0.333	0.349	0.365	0.382	0.398	0.414	0.430	0.447	0.463	0.479
$v = 1.4$							0.011	0.040	0.070	0.099	0.126	0.147	0.167	0.185	0.203	0.220	0.237	0.254	0.271	0.287	0.303	0.320	0.336	0.352	0.368	0.385	0.401	0.417	0.434	0.450	0.466
$v = 1.5$								0.010	0.039	0.069	0.098	0.126	0.148	0.168	0.187	0.205	0.222	0.240	0.256	0.273	0.290	0.306	0.322	0.339	0.355	0.371	0.388	0.404	0.420	0.437	0.453
$v = 1.6$									0.010	0.038	0.067	0.096	0.125	0.149	0.169	0.188	0.206	0.224	0.242	0.259	0.275	0.292	0.309	0.325	0.342	0.358	0.374	0.391	0.407	0.423	0.440
$v = 1.7$										0.009	0.037	0.066	0.095	0.123	0.149	0.170	0.189	0.208	0.226	0.244	0.261	0.278	0.294	0.311	0.328	0.344	0.361	0.377	0.393	0.410	0.426
$v = 1.8$											0.009	0.036	0.065	0.094	0.122	0.149	0.171	0.191	0.209	0.228	0.245	0.263	0.280	0.297	0.314	0.330	0.347	0.363	0.380	0.396	0.413
$v = 1.9$												0.008	0.036	0.064	0.092	0.120	0.148	0.172	0.192	0.211	0.229	0.247	0.265	0.282	0.299	0.316	0.333	0.349	0.366	0.382	0.399
$v = 2.0$													0.006	0.035	0.063	0.092	0.119	0.147	0.173	0.193	0.212	0.231	0.249	0.266	0.284	0.301	0.318	0.335	0.352	0.368	0.385
$v = 2.1$														0.004	0.034	0.062	0.090	0.118	0.145	0.172	0.194	0.213	0.232	0.250	0.268	0.286	0.303	0.320	0.337	0.354	0.371
$v = 2.2$															0.001	0.034	0.061	0.089	0.117	0.144	0.172	0.195	0.215	0.234	0.252	0.270	0.288	0.305	0.322	0.339	0.356
$v = 2.3$																	0.033	0.060	0.088	0.116	0.143	0.170	0.196	0.216	0.235	0.254	0.272	0.289	0.307	0.324	0.341
$v = 2.4$																		0.032	0.060	0.087	0.115	0.142	0.169	0.196	0.217	0.236	0.255	0.273	0.291	0.309	0.326
$v = 2.5$																			0.032	0.059	0.087	0.114	0.141	0.168	0.195	0.218	0.238	0.257	0.275	0.293	0.311



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,20$ e $\lambda = 30$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

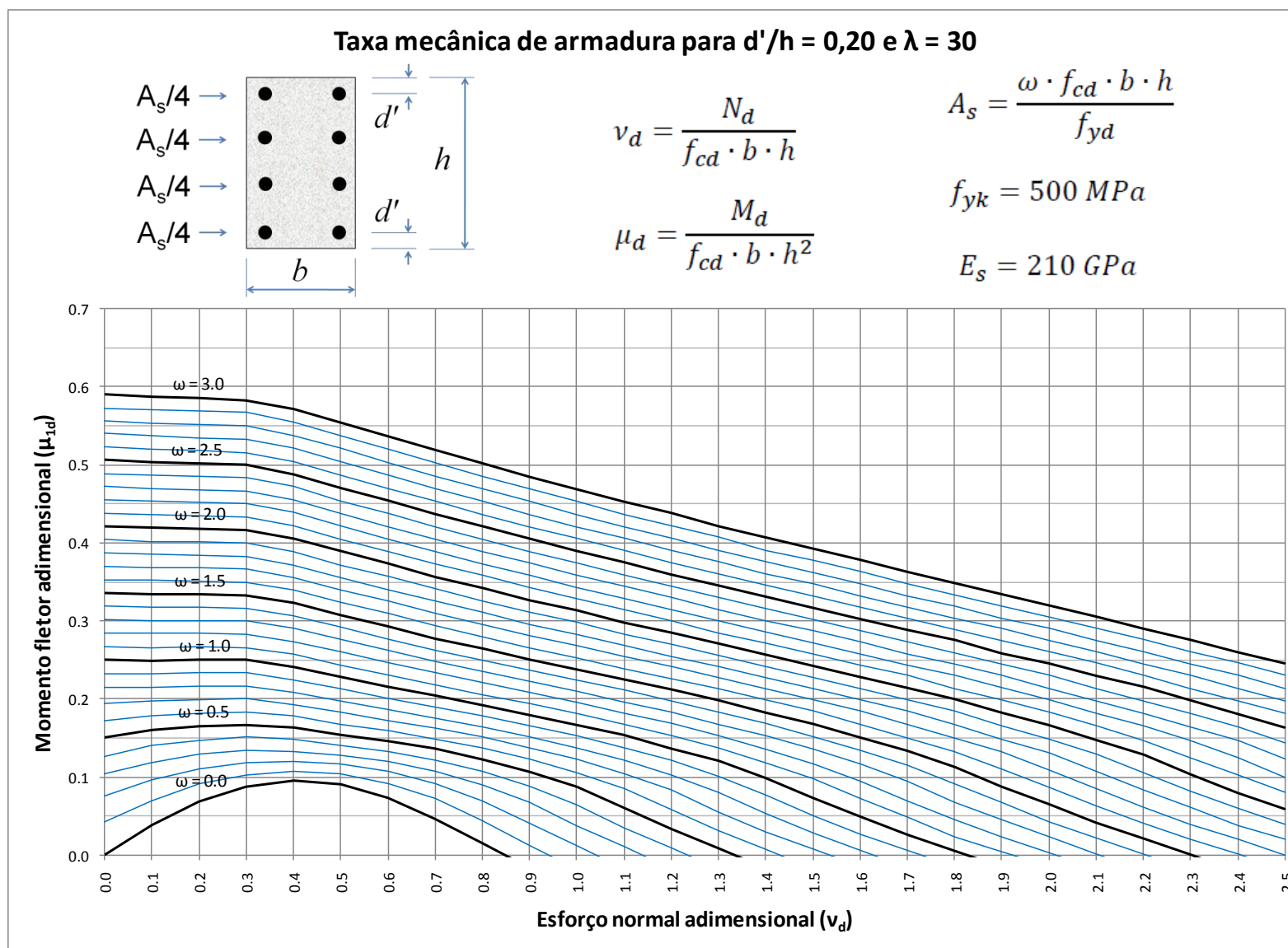
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

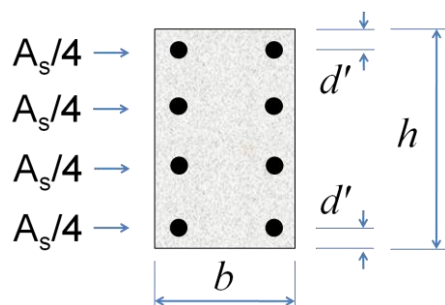
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\mathbf{v} = 0.0$	0.000	0.043	0.076	0.104	0.127	0.150	0.172	0.194	0.215	0.232	0.250	0.267	0.285	0.302	0.319	0.336	0.353	0.370	0.387	0.404	0.421	0.438	0.455	0.472	0.489	0.506	0.523	0.540	0.556	0.573	0.590
$\mathbf{v} = 0.1$	0.039	0.070	0.096	0.119	0.140	0.161	0.179	0.197	0.215	0.232	0.249	0.266	0.284	0.301	0.318	0.335	0.352	0.369	0.385	0.402	0.419	0.436	0.453	0.470	0.487	0.504	0.520	0.537	0.554	0.571	0.588
$\mathbf{v} = 0.2$	0.069	0.091	0.111	0.130	0.147	0.165	0.182	0.199	0.216	0.233	0.250	0.267	0.284	0.300	0.317	0.334	0.351	0.368	0.384	0.401	0.418	0.435	0.452	0.468	0.485	0.502	0.519	0.535	0.552	0.569	0.586
$\mathbf{v} = 0.3$	0.088	0.103	0.118	0.134	0.151	0.167	0.183	0.200	0.216	0.233	0.250	0.266	0.283	0.300	0.316	0.333	0.349	0.366	0.383	0.400	0.416	0.433	0.450	0.466	0.483	0.500	0.516	0.533	0.550	0.567	0.583
$\mathbf{v} = 0.4$	0.096	0.107	0.120	0.133	0.148	0.163	0.178	0.193	0.209	0.225	0.241	0.258	0.274	0.290	0.307	0.323	0.339	0.356	0.372	0.389	0.405	0.422	0.439	0.455	0.472	0.488	0.505	0.522	0.538	0.555	0.571
$\mathbf{v} = 0.5$	0.091	0.104	0.116	0.128	0.141	0.154	0.168	0.183	0.197	0.213	0.228	0.244	0.260	0.276	0.292	0.308	0.324	0.340	0.356	0.372	0.389	0.405	0.422	0.438	0.454	0.471	0.487	0.504	0.521	0.537	0.554
$\mathbf{v} = 0.6$	0.074	0.092	0.107	0.120	0.133	0.146	0.159	0.172	0.186	0.201	0.216	0.231	0.246	0.262	0.277	0.293	0.309	0.325	0.340	0.357	0.373	0.389	0.405	0.421	0.438	0.454	0.470	0.487	0.503	0.520	0.536
$\mathbf{v} = 0.7$	0.047	0.072	0.092	0.108	0.122	0.136	0.149	0.162	0.176	0.189	0.204	0.218	0.233	0.248	0.263	0.278	0.294	0.310	0.325	0.341	0.357	0.373	0.389	0.405	0.421	0.437	0.454	0.470	0.486	0.503	0.519
$\mathbf{v} = 0.8$	0.015	0.044	0.070	0.090	0.108	0.123	0.137	0.151	0.164	0.178	0.192	0.206	0.221	0.235	0.250	0.265	0.280	0.295	0.311	0.326	0.342	0.358	0.373	0.389	0.405	0.421	0.437	0.453	0.469	0.486	0.502
$\mathbf{v} = 0.9$		0.013	0.041	0.067	0.088	0.107	0.123	0.138	0.152	0.166	0.180	0.194	0.208	0.222	0.237	0.251	0.266	0.281	0.296	0.312	0.327	0.343	0.358	0.374	0.389	0.405	0.421	0.437	0.453	0.470	0.485
$\mathbf{v} = 1.0$			0.012	0.038	0.064	0.087	0.106	0.123	0.138	0.153	0.167	0.182	0.196	0.210	0.224	0.238	0.253	0.268	0.283	0.298	0.313	0.328	0.343	0.359	0.374	0.390	0.406	0.421	0.437	0.453	0.469
$\mathbf{v} = 1.1$				0.010	0.035	0.061	0.085	0.104	0.122	0.138	0.154	0.168	0.182	0.196	0.211	0.225	0.239	0.254	0.269	0.283	0.298	0.314	0.328	0.344	0.359	0.375	0.390	0.406	0.421	0.437	0.453
$\mathbf{v} = 1.2$					0.009	0.033	0.058	0.083	0.103	0.121	0.137	0.153	0.169	0.183	0.197	0.212	0.226	0.241	0.255	0.270	0.285	0.300	0.315	0.330	0.345	0.360	0.375	0.391	0.406	0.422	0.438
$\mathbf{v} = 1.3$						0.008	0.031	0.055	0.080	0.101	0.120	0.137	0.153	0.168	0.183	0.198	0.213	0.227	0.242	0.256	0.271	0.285	0.300	0.315	0.330	0.345	0.361	0.376	0.391	0.407	0.422
$\mathbf{v} = 1.4$							0.007	0.029	0.053	0.077	0.099	0.118	0.136	0.153	0.169	0.183	0.199	0.214	0.228	0.242	0.257	0.272	0.286	0.301	0.316	0.331	0.346	0.361	0.376	0.391	0.407
$\mathbf{v} = 1.5$								0.007	0.028	0.051	0.074	0.098	0.117	0.135	0.152	0.168	0.184	0.199	0.214	0.228	0.243	0.257	0.272	0.287	0.302	0.317	0.332	0.347	0.362	0.377	0.392
$\mathbf{v} = 1.6$									0.006	0.026	0.049	0.072	0.095	0.116	0.134	0.151	0.168	0.184	0.199	0.214	0.229	0.243	0.258	0.273	0.288	0.302	0.318	0.332	0.347	0.363	0.378
$\mathbf{v} = 1.7$										0.006	0.026	0.048	0.070	0.094	0.115	0.133	0.150	0.167	0.184	0.199	0.214	0.230	0.244	0.258	0.274	0.288	0.304	0.318	0.332	0.348	0.363
$\mathbf{v} = 1.8$											0.005	0.024	0.046	0.068	0.091	0.113	0.132	0.150	0.167	0.184	0.199	0.214	0.230	0.245	0.259	0.275	0.289	0.303	0.319	0.334	0.348
$\mathbf{v} = 1.9$												0.005	0.024	0.045	0.067	0.088	0.111	0.132	0.149	0.166	0.183	0.199	0.215	0.230	0.245	0.259	0.275	0.290	0.304	0.319	0.334
$\mathbf{v} = 2.0$													0.003	0.023	0.043	0.065	0.087	0.109	0.131	0.149	0.166	0.183	0.199	0.214	0.230	0.245	0.260	0.275	0.290	0.305	0.320
$\mathbf{v} = 2.1$														0.002	0.022	0.042	0.063	0.085	0.107	0.129	0.148	0.166	0.182	0.198	0.214	0.230	0.246	0.260	0.275	0.291	0.306
$\mathbf{v} = 2.2$																0.021	0.041	0.062	0.084	0.106	0.128	0.147	0.165	0.182	0.198	0.215	0.230	0.245	0.261	0.276	0.290
$\mathbf{v} = 2.3$																	0.021	0.040	0.061	0.082	0.104	0.125	0.147	0.164	0.182	0.198	0.214	0.230	0.245	0.261	0.276
$\mathbf{v} = 2.4$																		0.020	0.038	0.060	0.080	0.102	0.124	0.146	0.164	0.181	0.198	0.214	0.230	0.246	0.260
$\mathbf{v} = 2.5$																			0.020	0.039	0.059	0.080	0.100	0.123	0.144	0.164	0.181	0.198	0.214	0.230	0.245



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,20$ e $\lambda = 60$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

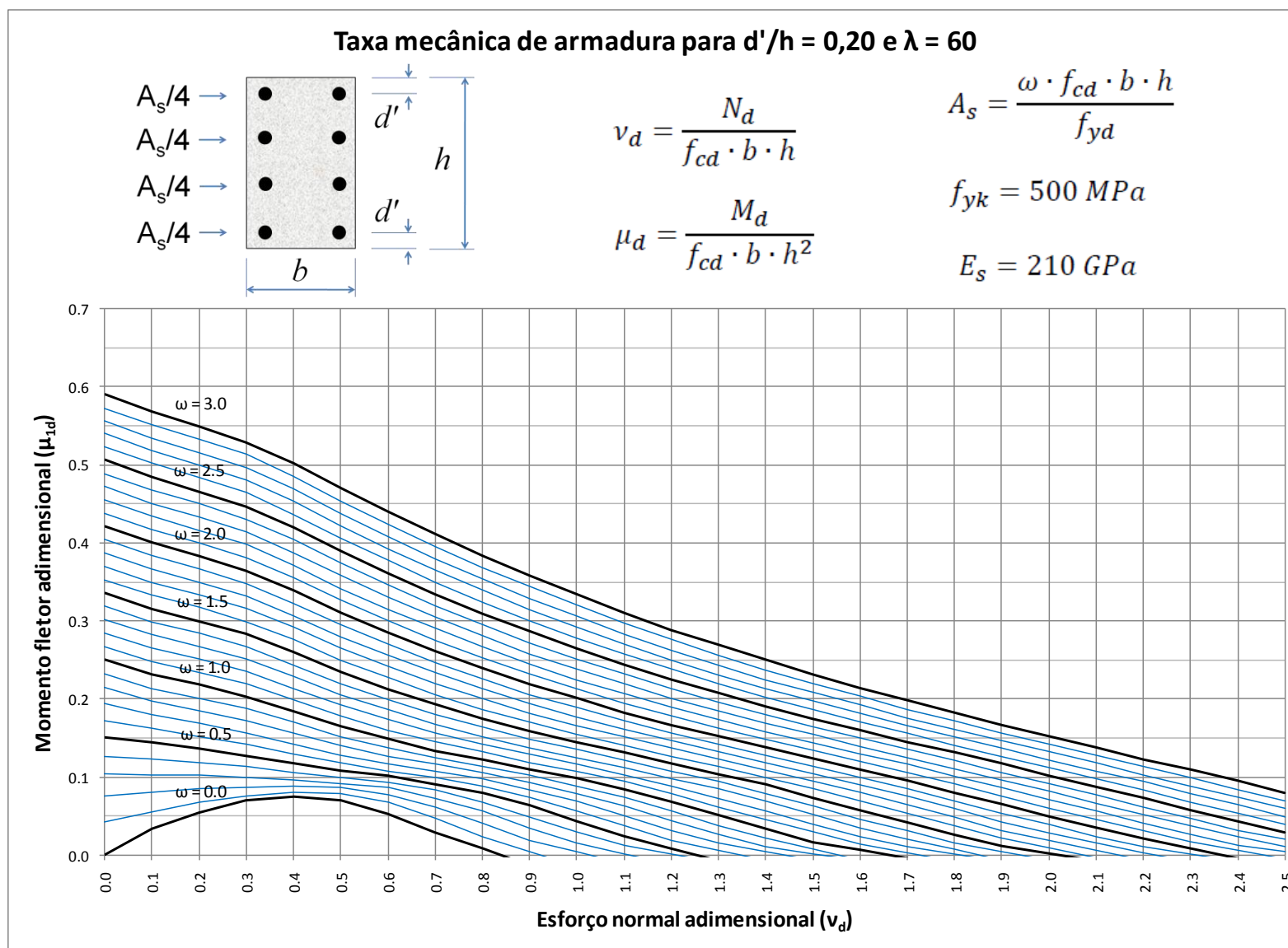
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

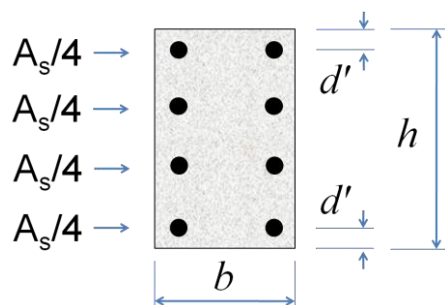
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\mathbf{v} = 0.0$	0.000	0.043	0.076	0.104	0.127	0.150	0.172	0.194	0.215	0.232	0.250	0.267	0.285	0.302	0.319	0.336	0.353	0.370	0.387	0.404	0.421	0.438	0.455	0.472	0.489	0.506	0.523	0.540	0.556	0.573	0.590
$\mathbf{v} = 0.1$	0.033	0.055	0.080	0.102	0.123	0.144	0.162	0.180	0.197	0.214	0.231	0.248	0.266	0.283	0.299	0.316	0.333	0.350	0.367	0.384	0.401	0.418	0.434	0.451	0.468	0.485	0.502	0.518	0.535	0.552	0.569
$\mathbf{v} = 0.2$	0.055	0.068	0.085	0.103	0.119	0.136	0.152	0.169	0.185	0.201	0.218	0.234	0.251	0.267	0.284	0.300	0.317	0.333	0.350	0.366	0.383	0.400	0.416	0.433	0.450	0.466	0.483	0.499	0.516	0.533	0.550
$\mathbf{v} = 0.3$	0.070	0.076	0.087	0.099	0.113	0.127	0.142	0.157	0.172	0.188	0.203	0.219	0.235	0.251	0.267	0.283	0.299	0.316	0.332	0.348	0.365	0.381	0.398	0.414	0.430	0.447	0.464	0.480	0.496	0.513	0.529
$\mathbf{v} = 0.4$	0.075	0.081	0.088	0.096	0.106	0.117	0.129	0.142	0.156	0.170	0.184	0.199	0.214	0.229	0.244	0.260	0.276	0.292	0.307	0.323	0.339	0.355	0.371	0.388	0.404	0.420	0.437	0.453	0.469	0.486	0.502
$\mathbf{v} = 0.5$	0.070	0.078	0.086	0.092	0.100	0.108	0.118	0.128	0.140	0.152	0.165	0.178	0.192	0.206	0.220	0.235	0.250	0.265	0.280	0.296	0.311	0.327	0.342	0.358	0.374	0.390	0.406	0.422	0.438	0.454	0.470
$\mathbf{v} = 0.6$	0.053	0.067	0.077	0.086	0.093	0.101	0.108	0.117	0.127	0.137	0.149	0.160	0.173	0.186	0.199	0.213	0.227	0.241	0.256	0.270	0.285	0.300	0.315	0.330	0.346	0.361	0.377	0.392	0.408	0.424	0.440
$\mathbf{v} = 0.7$	0.029	0.047	0.062	0.073	0.083	0.091	0.099	0.107	0.116	0.125	0.134	0.145	0.156	0.168	0.180	0.193	0.206	0.219	0.233	0.247	0.261	0.275	0.290	0.305	0.319	0.334	0.350	0.365	0.380	0.395	0.411
$\mathbf{v} = 0.8$	0.008	0.024	0.041	0.056	0.068	0.079	0.088	0.097	0.105	0.113	0.122	0.132	0.142	0.152	0.164	0.175	0.187	0.200	0.213	0.226	0.239	0.253	0.267	0.281	0.295	0.309	0.324	0.339	0.354	0.369	0.384
$\mathbf{v} = 0.9$		0.005	0.019	0.035	0.049	0.063	0.074	0.084	0.093	0.102	0.110	0.119	0.129	0.138	0.149	0.159	0.171	0.182	0.194	0.206	0.219	0.232	0.245	0.258	0.272	0.286	0.300	0.314	0.329	0.344	0.358
$\mathbf{v} = 1.0$			0.004	0.016	0.030	0.043	0.057	0.069	0.079	0.089	0.098	0.107	0.116	0.125	0.135	0.145	0.155	0.166	0.177	0.189	0.201	0.213	0.225	0.238	0.251	0.265	0.278	0.292	0.306	0.320	0.334
$\mathbf{v} = 1.1$				0.002	0.012	0.024	0.037	0.050	0.063	0.074	0.084	0.094	0.103	0.112	0.122	0.131	0.141	0.151	0.161	0.172	0.183	0.195	0.207	0.219	0.232	0.244	0.257	0.270	0.283	0.297	0.311
$\mathbf{v} = 1.2$					0.001	0.008	0.019	0.032	0.044	0.056	0.068	0.079	0.089	0.098	0.108	0.118	0.127	0.137	0.146	0.157	0.167	0.178	0.190	0.201	0.213	0.225	0.238	0.250	0.263	0.276	0.289
$\mathbf{v} = 1.3$						0.006	0.015	0.027	0.038	0.051	0.062	0.073	0.085	0.094	0.104	0.113	0.123	0.133	0.142	0.153	0.163	0.174	0.185	0.196	0.207	0.219	0.231	0.244	0.256	0.269	
$\mathbf{v} = 1.4$							0.004	0.011	0.022	0.034	0.045	0.057	0.069	0.079	0.090	0.099	0.109	0.118	0.128	0.138	0.148	0.158	0.169	0.180	0.191	0.202	0.214	0.225	0.237	0.250	
$\mathbf{v} = 1.5$								0.002	0.008	0.017	0.029	0.040	0.052	0.063	0.074	0.085	0.095	0.104	0.114	0.124	0.134	0.144	0.154	0.164	0.175	0.186	0.197	0.209	0.220	0.232	
$\mathbf{v} = 1.6$											0.006	0.014	0.024	0.035	0.046	0.058	0.069	0.080	0.090	0.100	0.110	0.120	0.130	0.139	0.150	0.160	0.170	0.181	0.192	0.203	0.214
$\mathbf{v} = 1.7$												0.003	0.010	0.020	0.031	0.042	0.053	0.064	0.075	0.085	0.095	0.105	0.116	0.125	0.135	0.145	0.156	0.166	0.176	0.187	0.198
$\mathbf{v} = 1.8$													0.001	0.007	0.015	0.026	0.037	0.048	0.059	0.070	0.080	0.091	0.101	0.111	0.121	0.131	0.140	0.151	0.161	0.172	0.182
$\mathbf{v} = 1.9$															0.004	0.012	0.022	0.032	0.043	0.054	0.065	0.076	0.086	0.096	0.106	0.117	0.126	0.137	0.146	0.157	0.167
$\mathbf{v} = 2.0$																0.002	0.009	0.018	0.028	0.039	0.049	0.060	0.071	0.082	0.092	0.102	0.112	0.122	0.132	0.142	0.152
$\mathbf{v} = 2.1$																		0.006	0.015	0.024	0.035	0.045	0.056	0.066	0.077	0.087	0.098	0.107	0.118	0.128	0.138
$\mathbf{v} = 2.2$																			0.003	0.011	0.021	0.031	0.041	0.052	0.062	0.073	0.083	0.094	0.103	0.113	0.123
$\mathbf{v} = 2.3$																				0.001	0.008	0.017	0.026	0.037	0.047	0.058	0.068	0.078	0.089	0.099	0.109
$\mathbf{v} = 2.4$																						0.006	0.013	0.023	0.032	0.043	0.053	0.064	0.074	0.084	0.095
$\mathbf{v} = 2.5$																							0.004	0.011	0.020	0.029	0.039	0.049	0.060	0.070	0.080



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,20$ e $\lambda = 90$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

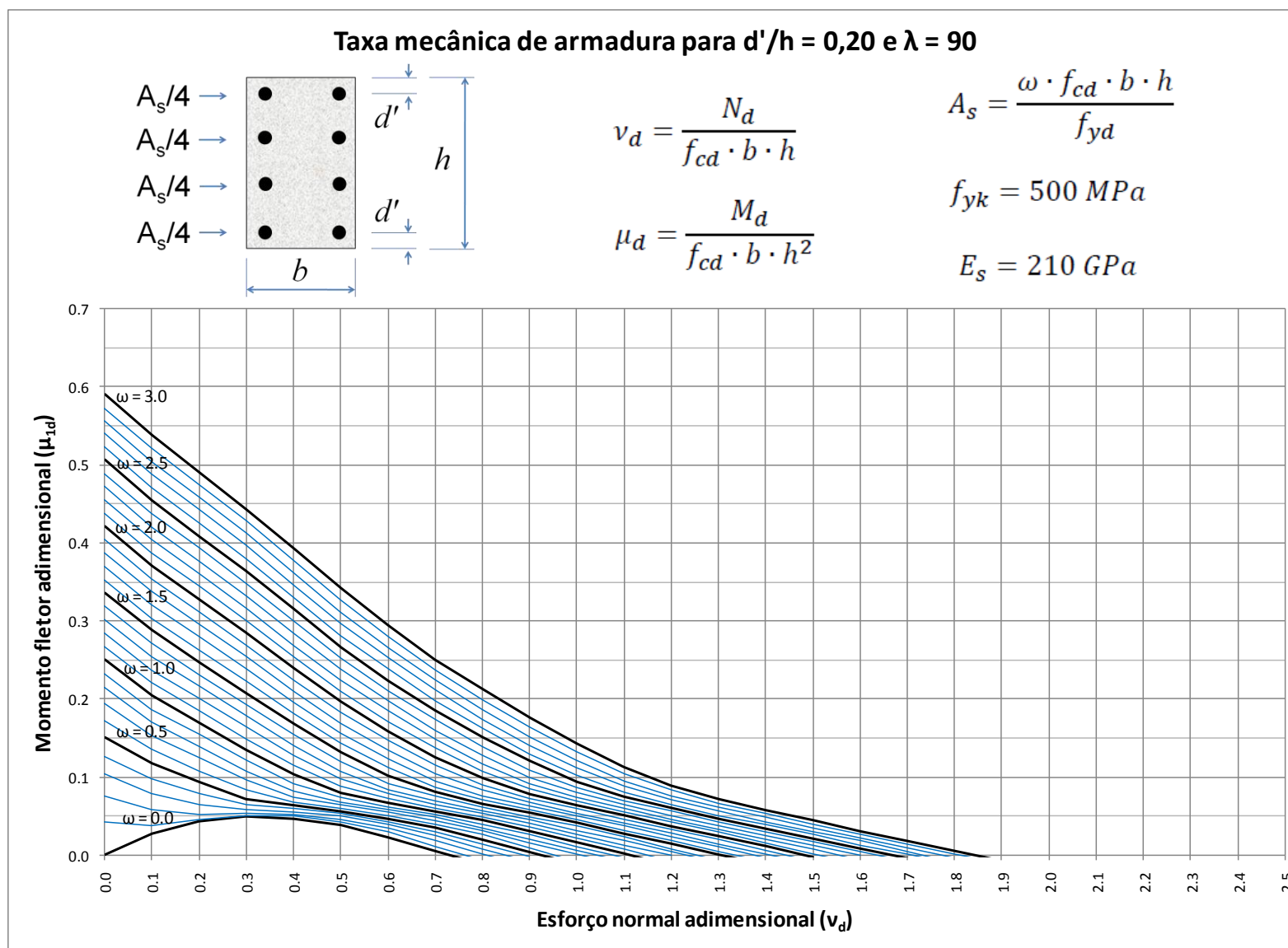
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

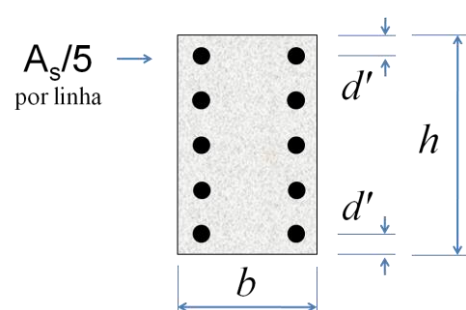
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$	
$v = 0.0$	0.000	0.043	0.076	0.104	0.127	0.150	0.172	0.194	0.215	0.232	0.250	0.267	0.285	0.302	0.319	0.336	0.353	0.370	0.387	0.404	0.421	0.438	0.455	0.472	0.489	0.506	0.523	0.540	0.556	0.573	0.590	
$v = 0.1$	0.028	0.038	0.058	0.079	0.098	0.117	0.135	0.153	0.170	0.187	0.204	0.221	0.237	0.254	0.271	0.288	0.304	0.321	0.338	0.354	0.371	0.388	0.405	0.421	0.438	0.455	0.471	0.488	0.505	0.522	0.538	
$v = 0.2$	0.043	0.046	0.052	0.065	0.079	0.094	0.108	0.124	0.139	0.154	0.169	0.184	0.200	0.216	0.231	0.247	0.263	0.279	0.295	0.311	0.328	0.344	0.360	0.376	0.393	0.409	0.425	0.442	0.458	0.475	0.491	
$v = 0.3$	0.049	0.051	0.054	0.058	0.064	0.072	0.083	0.096	0.108	0.122	0.135	0.149	0.164	0.178	0.193	0.208	0.223	0.238	0.254	0.269	0.285	0.301	0.316	0.332	0.348	0.364	0.380	0.396	0.412	0.429	0.444	
$v = 0.4$	0.047	0.050	0.052	0.055	0.059	0.063	0.068	0.074	0.082	0.092	0.103	0.115	0.128	0.141	0.154	0.168	0.182	0.196	0.210	0.225	0.239	0.254	0.269	0.285	0.300	0.315	0.331	0.346	0.362	0.378	0.393	
$v = 0.5$	0.039	0.043	0.046	0.050	0.053	0.056	0.060	0.064	0.068	0.074	0.080	0.088	0.097	0.108	0.120	0.131	0.144	0.156	0.169	0.183	0.196	0.210	0.224	0.238	0.253	0.267	0.282	0.297	0.312	0.327	0.342	
$v = 0.6$	0.022	0.029	0.035	0.039	0.043	0.047	0.051	0.055	0.058	0.062	0.067	0.072	0.078	0.084	0.092	0.101	0.112	0.123	0.134	0.146	0.159	0.171	0.184	0.197	0.210	0.224	0.238	0.252	0.266	0.280	0.294	
$v = 0.7$	0.005	0.011	0.019	0.025	0.030	0.035	0.040	0.044	0.048	0.052	0.056	0.060	0.064	0.069	0.075	0.081	0.087	0.095	0.104	0.115	0.126	0.137	0.149	0.160	0.173	0.185	0.198	0.211	0.224	0.237	0.251	
$v = 0.8$			0.002	0.008	0.014	0.020	0.026	0.031	0.035	0.040	0.044	0.048	0.053	0.057	0.062	0.066	0.071	0.076	0.083	0.090	0.098	0.107	0.117	0.128	0.139	0.150	0.162	0.174	0.187	0.199	0.212	
$v = 0.9$					0.004	0.009	0.015	0.021	0.026	0.031	0.036	0.041	0.045	0.049	0.054	0.058	0.063	0.068	0.072	0.078	0.085	0.092	0.100	0.109	0.120	0.130	0.141	0.152	0.164	0.176		
$v = 1.0$								0.001	0.006	0.011	0.017	0.022	0.027	0.032	0.037	0.041	0.046	0.050	0.054	0.059	0.064	0.069	0.074	0.080	0.087	0.094	0.102	0.112	0.122	0.133	0.143	
$v = 1.1$											0.002	0.007	0.013	0.018	0.023	0.028	0.032	0.037	0.041	0.046	0.051	0.055	0.059	0.064	0.070	0.075	0.081	0.088	0.095	0.104	0.113	
$v = 1.2$														0.004	0.008	0.014	0.019	0.023	0.028	0.033	0.037	0.042	0.046	0.051	0.056	0.061	0.065	0.071	0.076	0.083	0.089	
$v = 1.3$																0.001	0.005	0.010	0.014	0.020	0.024	0.029	0.033	0.038	0.042	0.047	0.051	0.057	0.061	0.066	0.072	
$v = 1.4$																			0.001	0.006	0.011	0.015	0.020	0.025	0.029	0.034	0.039	0.043	0.048	0.053	0.057	
$v = 1.5$																						0.002	0.007	0.012	0.017	0.021	0.026	0.030	0.035	0.039	0.044	
$v = 1.6$																										0.004	0.008	0.013	0.018	0.022	0.026	0.030
$v = 1.7$																												0.001	0.004	0.009	0.014	0.018
$v = 1.8$																														0.002	0.005	
$v = 1.9$																																
$v = 2.0$																																
$v = 2.1$																																
$v = 2.2$																																
$v = 2.3$																																
$v = 2.4$																																
$v = 2.5$																																



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,05$ e $\lambda = 0$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

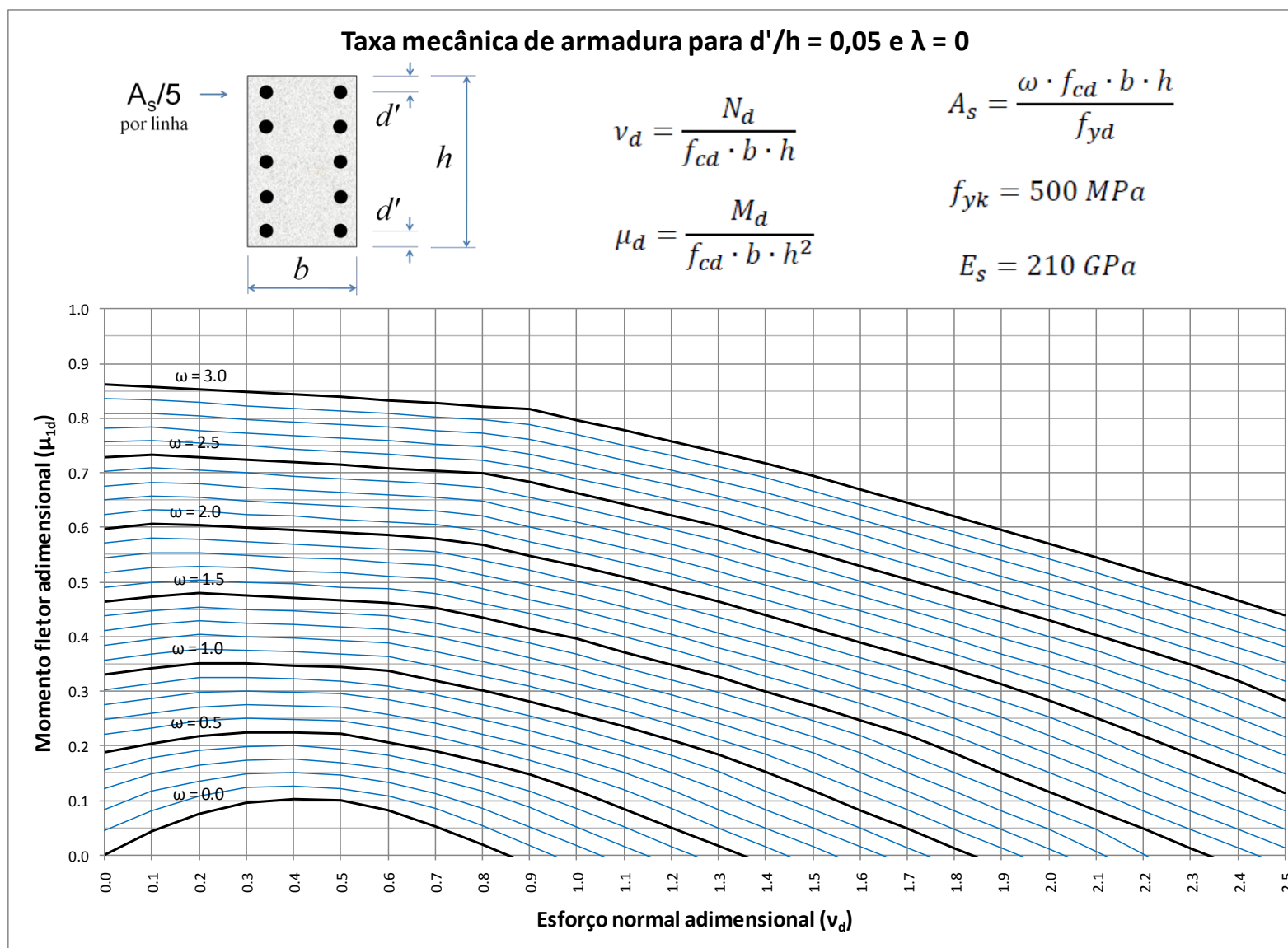
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

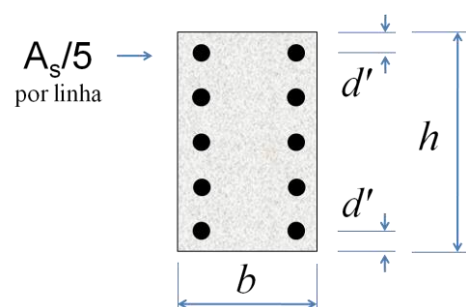
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\nu = 0.0$	0.000	0.045	0.084	0.121	0.155	0.188	0.220	0.248	0.276	0.303	0.330	0.357	0.384	0.411	0.438	0.464	0.491	0.517	0.544	0.571	0.597	0.624	0.650	0.676	0.703	0.729	0.756	0.782	0.808	0.835	0.861
$\nu = 0.1$	0.044	0.082	0.116	0.148	0.177	0.205	0.233	0.260	0.287	0.314	0.341	0.368	0.394	0.421	0.447	0.474	0.500	0.527	0.553	0.580	0.606	0.633	0.658	0.683	0.708	0.733	0.759	0.783	0.808	0.834	0.858
$\nu = 0.2$	0.076	0.107	0.136	0.164	0.191	0.218	0.245	0.271	0.298	0.325	0.351	0.377	0.403	0.428	0.454	0.479	0.504	0.529	0.554	0.579	0.604	0.629	0.654	0.679	0.704	0.729	0.754	0.778	0.803	0.828	0.853
$\nu = 0.3$	0.096	0.123	0.149	0.174	0.199	0.225	0.250	0.275	0.300	0.325	0.350	0.375	0.400	0.425	0.450	0.475	0.500	0.525	0.549	0.574	0.599	0.624	0.649	0.674	0.699	0.724	0.749	0.773	0.798	0.823	0.848
$\nu = 0.4$	0.103	0.127	0.151	0.175	0.200	0.224	0.249	0.273	0.298	0.322	0.347	0.372	0.397	0.421	0.446	0.471	0.496	0.520	0.545	0.570	0.595	0.620	0.644	0.669	0.694	0.719	0.744	0.768	0.793	0.818	0.843
$\nu = 0.5$	0.099	0.122	0.146	0.170	0.195	0.221	0.246	0.270	0.295	0.319	0.344	0.368	0.393	0.417	0.442	0.467	0.491	0.516	0.541	0.565	0.590	0.615	0.639	0.664	0.689	0.714	0.739	0.763	0.788	0.813	0.838
$\nu = 0.6$	0.082	0.108	0.132	0.157	0.182	0.207	0.232	0.258	0.284	0.310	0.337	0.363	0.389	0.413	0.438	0.462	0.487	0.511	0.536	0.561	0.585	0.610	0.635	0.659	0.684	0.709	0.733	0.758	0.783	0.808	0.832
$\nu = 0.7$	0.053	0.085	0.113	0.139	0.164	0.190	0.216	0.242	0.268	0.294	0.320	0.346	0.372	0.399	0.425	0.452	0.478	0.505	0.531	0.556	0.580	0.605	0.629	0.654	0.679	0.703	0.728	0.753	0.777	0.802	0.827
$\nu = 0.8$	0.018	0.053	0.086	0.116	0.143	0.170	0.196	0.222	0.248	0.275	0.302	0.328	0.355	0.381	0.407	0.434	0.460	0.487	0.513	0.540	0.567	0.593	0.620	0.647	0.673	0.698	0.723	0.747	0.772	0.797	0.821
$\nu = 0.9$		0.017	0.052	0.087	0.118	0.147	0.174	0.201	0.227	0.254	0.281	0.308	0.335	0.362	0.389	0.415	0.442	0.468	0.495	0.521	0.548	0.574	0.601	0.628	0.655	0.682	0.709	0.735	0.762	0.789	0.816
$\nu = 1.0$			0.017	0.051	0.086	0.119	0.149	0.177	0.205	0.232	0.259	0.286	0.313	0.340	0.367	0.395	0.422	0.450	0.476	0.502	0.529	0.555	0.582	0.609	0.636	0.662	0.689	0.716	0.743	0.770	0.797
$\nu = 1.1$				0.016	0.051	0.085	0.120	0.151	0.180	0.208	0.235	0.263	0.290	0.317	0.344	0.372	0.399	0.427	0.454	0.482	0.510	0.536	0.563	0.590	0.616	0.643	0.670	0.696	0.723	0.750	0.777
$\nu = 1.2$					0.016	0.050	0.085	0.119	0.152	0.182	0.211	0.239	0.266	0.294	0.321	0.349	0.376	0.404	0.431	0.459	0.487	0.514	0.542	0.570	0.597	0.623	0.650	0.677	0.704	0.731	0.757
$\nu = 1.3$						0.016	0.050	0.084	0.119	0.153	0.184	0.213	0.241	0.269	0.297	0.325	0.352	0.380	0.407	0.435	0.463	0.491	0.519	0.547	0.575	0.602	0.631	0.657	0.684	0.711	0.737
$\nu = 1.4$							0.015	0.050	0.084	0.118	0.153	0.185	0.215	0.244	0.272	0.300	0.328	0.356	0.383	0.411	0.439	0.467	0.495	0.522	0.550	0.578	0.606	0.634	0.663	0.691	0.718
$\nu = 1.5$								0.015	0.049	0.084	0.118	0.152	0.186	0.217	0.246	0.275	0.303	0.331	0.359	0.387	0.415	0.442	0.470	0.498	0.526	0.554	0.582	0.610	0.638	0.667	0.695
$\nu = 1.6$									0.015	0.049	0.083	0.117	0.152	0.186	0.218	0.248	0.277	0.305	0.334	0.362	0.390	0.418	0.446	0.474	0.502	0.529	0.558	0.586	0.614	0.642	0.670
$\nu = 1.7$										0.014	0.049	0.083	0.117	0.151	0.185	0.219	0.249	0.279	0.308	0.336	0.365	0.393	0.421	0.449	0.477	0.505	0.533	0.561	0.589	0.617	0.645
$\nu = 1.8$											0.013	0.048	0.082	0.117	0.151	0.185	0.219	0.251	0.280	0.310	0.339	0.367	0.395	0.424	0.452	0.480	0.508	0.536	0.564	0.592	0.620
$\nu = 1.9$												0.012	0.048	0.082	0.116	0.150	0.184	0.219	0.252	0.282	0.312	0.341	0.369	0.398	0.426	0.454	0.483	0.511	0.539	0.567	0.595
$\nu = 2.0$													0.011	0.048	0.082	0.116	0.150	0.184	0.218	0.252	0.284	0.313	0.343	0.372	0.400	0.429	0.457	0.485	0.514	0.542	0.570
$\nu = 2.1$														0.007	0.047	0.081	0.116	0.150	0.184	0.218	0.252	0.285	0.315	0.345	0.374	0.402	0.431	0.460	0.488	0.517	0.545
$\nu = 2.2$															0.002	0.047	0.081	0.115	0.149	0.183	0.217	0.251	0.285	0.317	0.346	0.376	0.405	0.433	0.462	0.491	0.519
$\nu = 2.3$																	0.047	0.081	0.115	0.149	0.183	0.217	0.251	0.285	0.318	0.348	0.378	0.407	0.436	0.465	0.493
$\nu = 2.4$																		0.047	0.081	0.115	0.149	0.183	0.217	0.251	0.285	0.319	0.350	0.379	0.409	0.438	0.466
$\nu = 2.5$																			0.046	0.080	0.114	0.148	0.182	0.216	0.250	0.284	0.318	0.351	0.381	0.411	0.440



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,05$ e $\lambda = 30$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

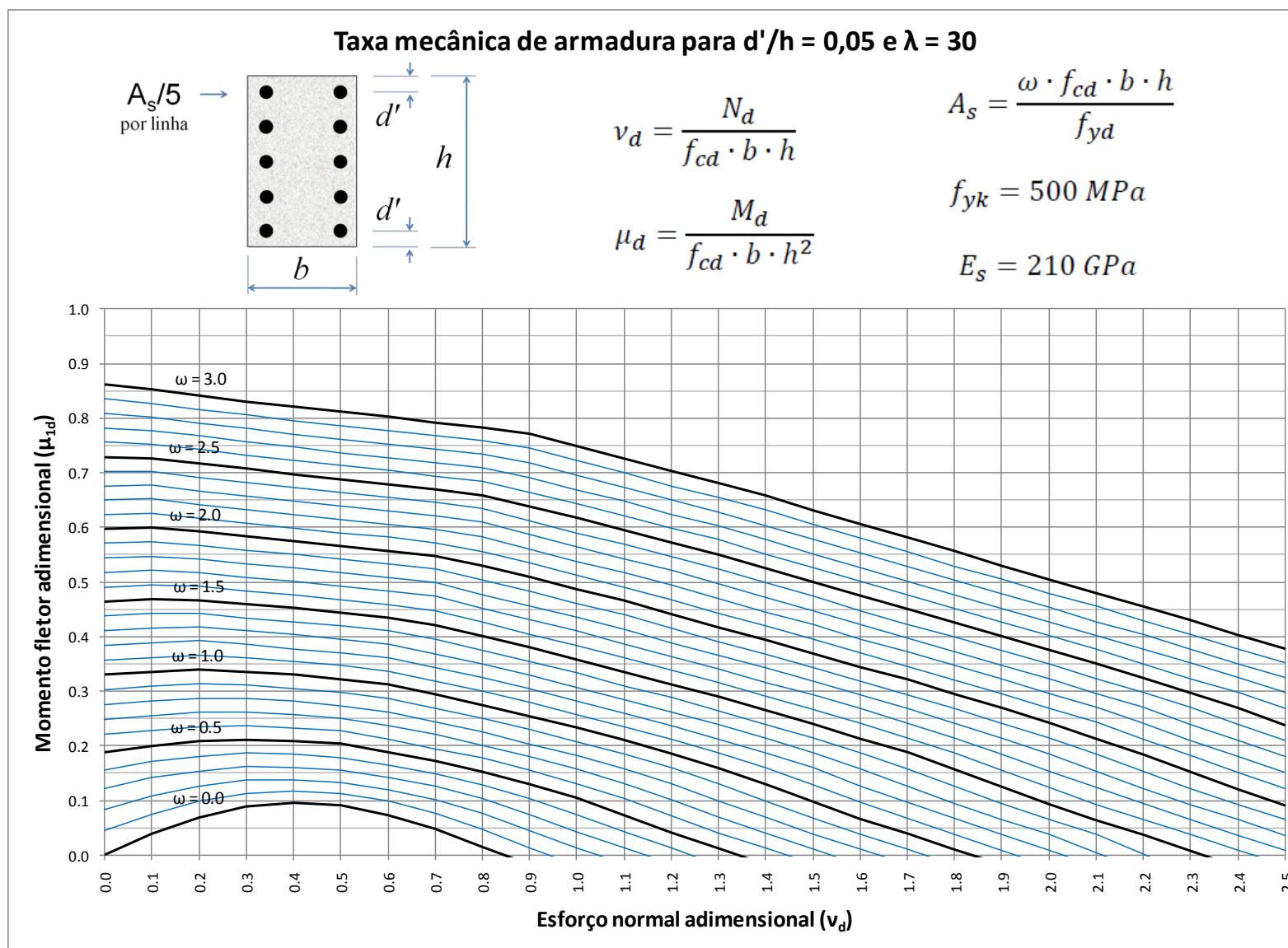
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

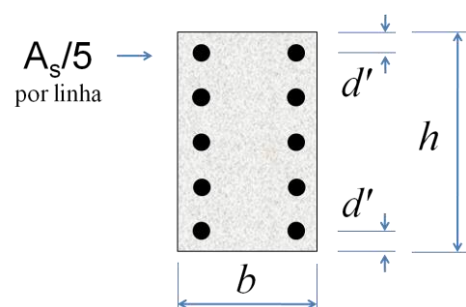
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.045	0.084	0.121	0.155	0.188	0.220	0.248	0.276	0.303	0.330	0.357	0.384	0.411	0.438	0.464	0.491	0.517	0.544	0.571	0.597	0.624	0.650	0.676	0.703	0.729	0.756	0.782	0.808	0.835	0.861
$v = 0.1$	0.039	0.075	0.109	0.141	0.171	0.199	0.227	0.254	0.282	0.309	0.335	0.362	0.389	0.415	0.442	0.468	0.495	0.521	0.547	0.574	0.600	0.626	0.652	0.677	0.702	0.727	0.752	0.777	0.802	0.827	0.852
$v = 0.2$	0.069	0.098	0.126	0.154	0.181	0.208	0.234	0.261	0.287	0.314	0.340	0.366	0.392	0.417	0.442	0.467	0.492	0.517	0.542	0.567	0.592	0.617	0.642	0.667	0.692	0.717	0.742	0.767	0.791	0.816	0.841
$v = 0.3$	0.088	0.112	0.137	0.162	0.186	0.211	0.236	0.261	0.286	0.311	0.335	0.360	0.385	0.410	0.434	0.459	0.484	0.509	0.533	0.558	0.583	0.608	0.632	0.657	0.682	0.707	0.732	0.756	0.781	0.806	0.831
$v = 0.4$	0.096	0.116	0.138	0.161	0.184	0.208	0.232	0.257	0.281	0.305	0.330	0.354	0.378	0.403	0.427	0.452	0.476	0.501	0.525	0.550	0.574	0.599	0.623	0.648	0.673	0.697	0.722	0.747	0.771	0.796	0.821
$v = 0.5$	0.091	0.112	0.133	0.155	0.178	0.203	0.227	0.251	0.274	0.298	0.322	0.347	0.371	0.395	0.419	0.444	0.468	0.493	0.517	0.542	0.566	0.590	0.615	0.639	0.664	0.688	0.713	0.737	0.762	0.787	0.811
$v = 0.6$	0.074	0.098	0.120	0.142	0.165	0.189	0.212	0.237	0.261	0.286	0.312	0.337	0.362	0.386	0.410	0.435	0.459	0.484	0.508	0.533	0.557	0.582	0.606	0.631	0.655	0.679	0.704	0.728	0.753	0.777	0.802
$v = 0.7$	0.047	0.076	0.101	0.125	0.149	0.172	0.195	0.220	0.244	0.269	0.294	0.318	0.344	0.369	0.395	0.421	0.447	0.473	0.498	0.523	0.547	0.572	0.596	0.621	0.645	0.670	0.694	0.719	0.743	0.768	0.792
$v = 0.8$	0.015	0.046	0.076	0.103	0.128	0.152	0.177	0.201	0.225	0.250	0.275	0.300	0.325	0.349	0.375	0.400	0.426	0.451	0.477	0.504	0.530	0.556	0.582	0.609	0.635	0.659	0.684	0.708	0.733	0.758	0.782
$v = 0.9$		0.014	0.044	0.075	0.103	0.130	0.155	0.180	0.204	0.229	0.254	0.279	0.304	0.330	0.355	0.380	0.405	0.431	0.457	0.482	0.508	0.534	0.560	0.587	0.613	0.639	0.665	0.692	0.719	0.745	0.771
$v = 1.0$			0.014	0.043	0.074	0.104	0.131	0.157	0.183	0.208	0.233	0.257	0.282	0.307	0.333	0.358	0.384	0.410	0.436	0.461	0.487	0.513	0.538	0.564	0.590	0.617	0.643	0.669	0.695	0.722	0.748
$v = 1.1$				0.013	0.042	0.072	0.103	0.131	0.158	0.184	0.210	0.235	0.260	0.285	0.310	0.336	0.361	0.387	0.413	0.440	0.466	0.491	0.517	0.543	0.568	0.594	0.621	0.647	0.673	0.699	0.725
$v = 1.2$					0.012	0.041	0.071	0.101	0.131	0.159	0.185	0.211	0.237	0.262	0.288	0.313	0.338	0.364	0.389	0.415	0.441	0.468	0.495	0.521	0.547	0.573	0.598	0.624	0.650	0.676	0.703
$v = 1.3$						0.012	0.040	0.070	0.100	0.131	0.159	0.187	0.213	0.239	0.264	0.289	0.315	0.340	0.365	0.391	0.417	0.443	0.469	0.496	0.523	0.549	0.577	0.602	0.628	0.654	0.680
$v = 1.4$							0.012	0.040	0.069	0.099	0.130	0.160	0.187	0.214	0.240	0.265	0.291	0.317	0.342	0.368	0.393	0.419	0.445	0.471	0.498	0.524	0.551	0.578	0.604	0.632	0.658
$v = 1.5$								0.011	0.039	0.068	0.098	0.128	0.160	0.188	0.215	0.241	0.267	0.293	0.318	0.344	0.369	0.395	0.421	0.446	0.473	0.499	0.526	0.552	0.579	0.606	0.632
$v = 1.6$									0.011	0.038	0.067	0.097	0.127	0.158	0.187	0.214	0.242	0.268	0.294	0.319	0.345	0.371	0.396	0.423	0.448	0.475	0.501	0.527	0.554	0.580	0.607
$v = 1.7$										0.010	0.038	0.067	0.096	0.127	0.157	0.188	0.215	0.241	0.269	0.294	0.321	0.346	0.372	0.398	0.423	0.450	0.476	0.502	0.528	0.555	0.582
$v = 1.8$											0.010	0.038	0.067	0.095	0.126	0.156	0.186	0.215	0.242	0.269	0.295	0.321	0.347	0.373	0.399	0.425	0.451	0.477	0.503	0.529	0.556
$v = 1.9$												0.009	0.037	0.066	0.095	0.124	0.155	0.185	0.215	0.242	0.269	0.296	0.322	0.348	0.374	0.400	0.426	0.452	0.478	0.505	0.530
$v = 2.0$													0.008	0.037	0.065	0.094	0.124	0.154	0.184	0.214	0.242	0.269	0.296	0.323	0.349	0.375	0.401	0.427	0.453	0.479	0.505
$v = 2.1$														0.005	0.037	0.065	0.093	0.123	0.153	0.184	0.213	0.243	0.270	0.296	0.323	0.350	0.376	0.402	0.427	0.455	0.480
$v = 2.2$															0.001	0.036	0.065	0.094	0.122	0.153	0.183	0.212	0.242	0.270	0.297	0.323	0.350	0.376	0.403	0.429	0.456
$v = 2.3$																	0.037	0.064	0.093	0.122	0.152	0.182	0.210	0.240	0.270	0.297	0.323	0.351	0.377	0.404	0.429
$v = 2.4$																		0.036	0.064	0.092	0.121	0.151	0.181	0.210	0.240	0.269	0.298	0.324	0.350	0.378	0.403
$v = 2.5$																			0.036	0.064	0.091	0.121	0.150	0.180	0.209	0.239	0.269	0.298	0.324	0.351	0.378



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,05$ e $\lambda = 60$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

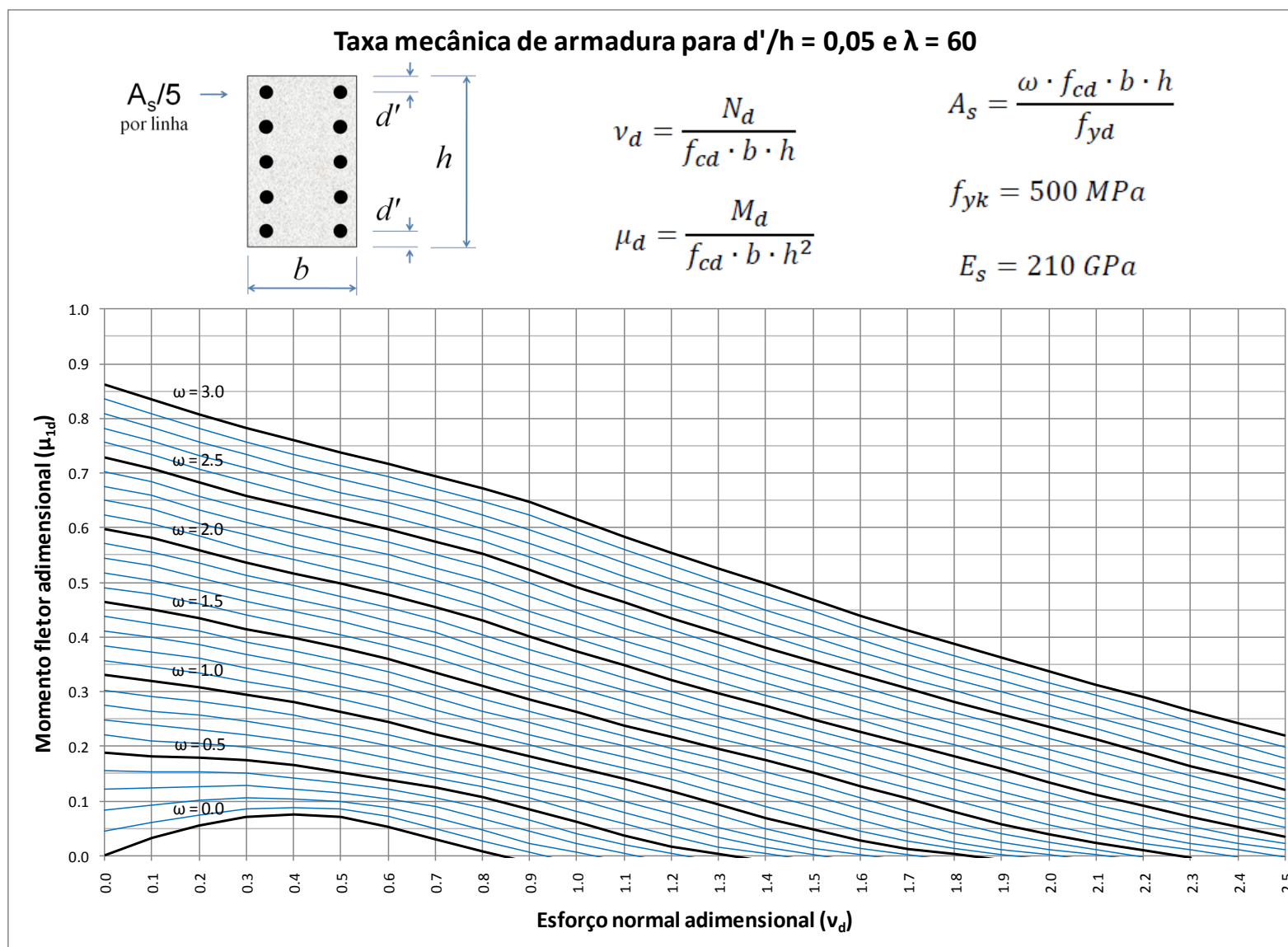
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

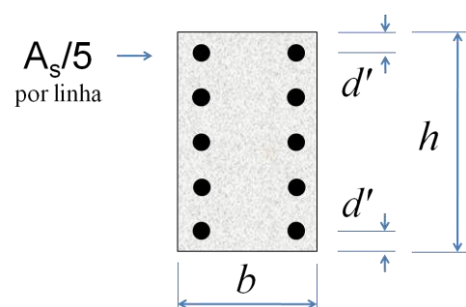
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\nu = 0.0$	0.000	0.045	0.084	0.121	0.155	0.188	0.220	0.248	0.276	0.303	0.330	0.357	0.384	0.411	0.438	0.464	0.491	0.517	0.544	0.571	0.597	0.624	0.650	0.676	0.703	0.729	0.756	0.782	0.808	0.835	0.861
$\nu = 0.1$	0.033	0.060	0.092	0.123	0.153	0.182	0.210	0.238	0.265	0.292	0.319	0.346	0.372	0.399	0.425	0.451	0.478	0.504	0.530	0.556	0.582	0.608	0.634	0.659	0.684	0.709	0.734	0.759	0.784	0.809	0.834
$\nu = 0.2$	0.055	0.075	0.101	0.127	0.153	0.179	0.205	0.231	0.257	0.283	0.309	0.335	0.360	0.385	0.410	0.435	0.460	0.485	0.509	0.534	0.559	0.584	0.608	0.633	0.658	0.683	0.707	0.732	0.757	0.782	0.807
$\nu = 0.3$	0.070	0.085	0.105	0.128	0.151	0.174	0.198	0.222	0.246	0.270	0.294	0.319	0.343	0.367	0.391	0.415	0.440	0.464	0.488	0.513	0.537	0.561	0.586	0.610	0.635	0.659	0.684	0.708	0.733	0.757	0.782
$\nu = 0.4$	0.075	0.088	0.104	0.122	0.143	0.165	0.187	0.210	0.233	0.257	0.280	0.304	0.327	0.351	0.374	0.398	0.422	0.446	0.470	0.494	0.517	0.541	0.565	0.590	0.614	0.638	0.662	0.686	0.710	0.735	0.759
$\nu = 0.5$	0.070	0.085	0.099	0.115	0.133	0.153	0.174	0.196	0.218	0.240	0.263	0.286	0.309	0.333	0.356	0.380	0.404	0.428	0.451	0.475	0.498	0.522	0.546	0.570	0.594	0.617	0.641	0.665	0.689	0.713	0.737
$\nu = 0.6$	0.053	0.072	0.088	0.104	0.121	0.139	0.158	0.178	0.200	0.221	0.244	0.267	0.290	0.313	0.336	0.359	0.383	0.407	0.430	0.454	0.478	0.502	0.526	0.550	0.573	0.597	0.621	0.645	0.669	0.693	0.717
$\nu = 0.7$	0.029	0.050	0.070	0.089	0.106	0.124	0.142	0.161	0.181	0.201	0.222	0.244	0.266	0.289	0.312	0.336	0.360	0.384	0.408	0.432	0.455	0.479	0.503	0.527	0.551	0.575	0.599	0.623	0.647	0.671	0.695
$\nu = 0.8$	0.008	0.026	0.047	0.068	0.088	0.106	0.125	0.143	0.162	0.182	0.202	0.223	0.244	0.265	0.287	0.310	0.333	0.357	0.380	0.405	0.429	0.453	0.478	0.503	0.528	0.552	0.576	0.599	0.624	0.648	0.672
$\nu = 0.9$		0.006	0.023	0.044	0.064	0.085	0.105	0.124	0.143	0.163	0.182	0.202	0.222	0.243	0.264	0.286	0.308	0.330	0.353	0.377	0.400	0.424	0.448	0.473	0.498	0.522	0.547	0.572	0.597	0.623	0.647
$\nu = 1.0$			0.006	0.021	0.040	0.061	0.082	0.103	0.123	0.143	0.162	0.181	0.201	0.221	0.241	0.262	0.284	0.306	0.328	0.351	0.373	0.397	0.420	0.444	0.468	0.492	0.516	0.541	0.566	0.591	0.616
$\nu = 1.1$				0.004	0.019	0.037	0.058	0.079	0.100	0.121	0.141	0.161	0.180	0.200	0.219	0.239	0.260	0.281	0.303	0.325	0.348	0.370	0.393	0.416	0.440	0.463	0.487	0.511	0.535	0.560	0.584
$\nu = 1.2$					0.004	0.017	0.035	0.055	0.076	0.097	0.118	0.139	0.159	0.178	0.197	0.217	0.237	0.258	0.279	0.300	0.322	0.344	0.367	0.390	0.412	0.435	0.459	0.483	0.506	0.531	0.555
$\nu = 1.3$						0.003	0.016	0.033	0.051	0.073	0.094	0.115	0.136	0.157	0.176	0.196	0.215	0.235	0.256	0.276	0.297	0.319	0.340	0.363	0.386	0.408	0.432	0.455	0.478	0.502	0.525
$\nu = 1.4$							0.003	0.015	0.031	0.049	0.069	0.091	0.112	0.133	0.153	0.174	0.193	0.213	0.232	0.253	0.273	0.294	0.315	0.337	0.359	0.381	0.404	0.426	0.450	0.474	0.497
$\nu = 1.5$								0.002	0.014	0.029	0.047	0.067	0.089	0.110	0.130	0.151	0.171	0.191	0.210	0.230	0.250	0.270	0.291	0.312	0.333	0.355	0.377	0.399	0.422	0.446	0.468
$\nu = 1.6$									0.002	0.013	0.027	0.045	0.064	0.086	0.106	0.127	0.147	0.168	0.187	0.207	0.227	0.247	0.267	0.288	0.309	0.330	0.351	0.373	0.395	0.418	0.440
$\nu = 1.7$										0.002	0.012	0.026	0.043	0.062	0.082	0.104	0.123	0.144	0.164	0.185	0.205	0.224	0.244	0.264	0.285	0.305	0.326	0.348	0.369	0.391	0.413
$\nu = 1.8$											0.002	0.012	0.025	0.041	0.060	0.080	0.101	0.121	0.140	0.161	0.181	0.202	0.221	0.241	0.262	0.282	0.302	0.323	0.344	0.365	0.387
$\nu = 1.9$												0.002	0.011	0.025	0.040	0.058	0.078	0.098	0.118	0.138	0.158	0.178	0.199	0.219	0.239	0.258	0.278	0.299	0.320	0.341	0.362
$\nu = 2.0$													0.001	0.011	0.024	0.039	0.057	0.076	0.095	0.115	0.135	0.154	0.175	0.195	0.215	0.235	0.255	0.275	0.296	0.317	0.337
$\nu = 2.1$														0.001	0.011	0.023	0.038	0.055	0.074	0.093	0.112	0.131	0.151	0.171	0.191	0.212	0.232	0.252	0.272	0.293	0.313
$\nu = 2.2$																0.010	0.022	0.037	0.054	0.073	0.091	0.110	0.129	0.149	0.168	0.188	0.208	0.229	0.249	0.270	0.289
$\nu = 2.3$																	0.010	0.022	0.037	0.053	0.070	0.089	0.107	0.127	0.146	0.164	0.185	0.205	0.225	0.246	0.266
$\nu = 2.4$																		0.010	0.022	0.036	0.052	0.070	0.088	0.106	0.124	0.143	0.162	0.181	0.202	0.222	0.242
$\nu = 2.5$																			0.010	0.021	0.035	0.051	0.068	0.086	0.103	0.121	0.140	0.159	0.179	0.199	0.219



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,05$ e $\lambda = 90$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

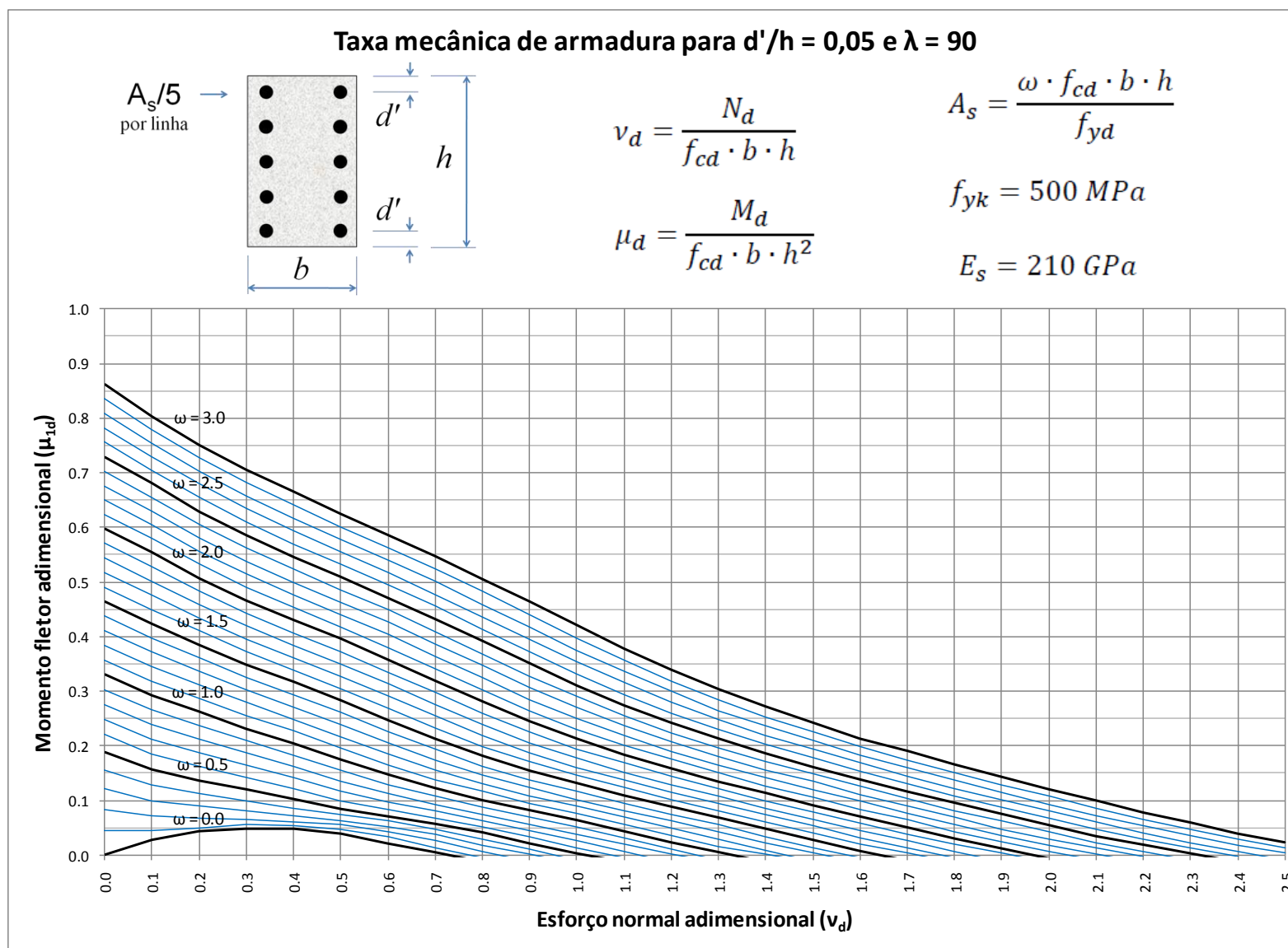
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

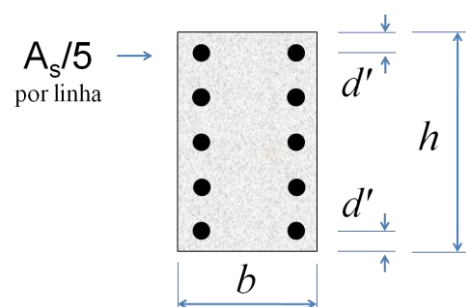
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.045	0.084	0.121	0.155	0.188	0.220	0.248	0.276	0.303	0.330	0.357	0.384	0.411	0.438	0.464	0.491	0.517	0.544	0.571	0.597	0.624	0.650	0.676	0.703	0.729	0.756	0.782	0.808	0.835	0.861
$v = 0.1$	0.028	0.044	0.071	0.099	0.128	0.157	0.185	0.213	0.240	0.267	0.293	0.319	0.346	0.372	0.398	0.424	0.450	0.476	0.502	0.528	0.554	0.580	0.605	0.630	0.655	0.680	0.705	0.729	0.754	0.779	0.804
$v = 0.2$	0.043	0.050	0.068	0.089	0.113	0.137	0.162	0.187	0.212	0.237	0.262	0.287	0.312	0.336	0.361	0.385	0.410	0.434	0.459	0.483	0.507	0.532	0.556	0.581	0.605	0.630	0.654	0.679	0.703	0.728	0.752
$v = 0.3$	0.049	0.055	0.064	0.081	0.099	0.120	0.142	0.164	0.186	0.209	0.232	0.255	0.279	0.302	0.325	0.349	0.372	0.396	0.419	0.443	0.467	0.491	0.514	0.538	0.562	0.586	0.610	0.634	0.658	0.683	0.706
$v = 0.4$	0.047	0.054	0.061	0.071	0.085	0.102	0.121	0.141	0.162	0.183	0.205	0.227	0.249	0.271	0.294	0.316	0.339	0.361	0.384	0.407	0.430	0.453	0.476	0.500	0.523	0.546	0.570	0.593	0.617	0.641	0.664
$v = 0.5$	0.039	0.047	0.055	0.063	0.073	0.085	0.100	0.117	0.136	0.155	0.175	0.196	0.217	0.238	0.261	0.283	0.305	0.328	0.350	0.372	0.395	0.417	0.440	0.463	0.486	0.509	0.532	0.555	0.578	0.601	0.624
$v = 0.6$	0.022	0.033	0.043	0.052	0.062	0.071	0.083	0.097	0.112	0.129	0.147	0.165	0.185	0.205	0.226	0.247	0.269	0.291	0.313	0.335	0.358	0.380	0.403	0.426	0.449	0.471	0.494	0.517	0.540	0.563	0.586
$v = 0.7$	0.005	0.014	0.026	0.037	0.047	0.057	0.068	0.080	0.093	0.107	0.122	0.138	0.156	0.174	0.193	0.213	0.233	0.254	0.276	0.297	0.319	0.341	0.364	0.386	0.409	0.432	0.455	0.477	0.501	0.524	0.547
$v = 0.8$			0.007	0.018	0.030	0.041	0.052	0.063	0.075	0.088	0.101	0.116	0.131	0.146	0.163	0.181	0.199	0.219	0.239	0.260	0.281	0.302	0.324	0.347	0.369	0.391	0.414	0.436	0.459	0.482	0.505
$v = 0.9$				0.001	0.010	0.022	0.034	0.045	0.057	0.069	0.082	0.095	0.109	0.123	0.138	0.154	0.171	0.188	0.206	0.225	0.244	0.265	0.285	0.307	0.328	0.350	0.372	0.394	0.417	0.440	0.463
$v = 1.0$					0.004	0.014	0.027	0.039	0.051	0.063	0.076	0.089	0.102	0.116	0.131	0.146	0.161	0.178	0.195	0.212	0.231	0.250	0.270	0.290	0.311	0.332	0.354	0.375	0.398	0.420	
$v = 1.1$							0.007	0.019	0.031	0.043	0.056	0.069	0.082	0.095	0.109	0.123	0.138	0.152	0.168	0.184	0.201	0.218	0.236	0.255	0.275	0.294	0.315	0.336	0.357	0.379	
$v = 1.2$								0.002	0.011	0.023	0.036	0.049	0.062	0.074	0.088	0.101	0.115	0.129	0.144	0.159	0.175	0.190	0.207	0.224	0.242	0.260	0.279	0.299	0.319	0.340	
$v = 1.3$									0.005	0.016	0.029	0.042	0.055	0.068	0.081	0.094	0.107	0.122	0.135	0.150	0.165	0.181	0.196	0.213	0.230	0.247	0.265	0.284	0.304		
$v = 1.4$										0.001	0.009	0.022	0.034	0.047	0.060	0.073	0.086	0.099	0.113	0.127	0.141	0.156	0.172	0.187	0.202	0.219	0.236	0.253	0.271		
$v = 1.5$												0.004	0.014	0.027	0.040	0.053	0.065	0.079	0.092	0.106	0.119	0.134	0.148	0.162	0.177	0.193	0.209	0.225	0.242		
$v = 1.6$															0.008	0.020	0.032	0.045	0.058	0.071	0.084	0.098	0.111	0.125	0.139	0.154	0.168	0.183	0.198	0.214	
$v = 1.7$																0.003	0.014	0.026	0.037	0.050	0.064	0.077	0.090	0.104	0.117	0.131	0.145	0.160	0.174	0.190	
$v = 1.8$																		0.007	0.019	0.031	0.043	0.056	0.069	0.082	0.095	0.109	0.122	0.137	0.151	0.166	
$v = 1.9$																			0.003	0.012	0.024	0.036	0.048	0.062	0.075	0.087	0.102	0.115	0.128	0.143	
$v = 2.0$																					0.007	0.018	0.029	0.042	0.054	0.067	0.080	0.093	0.107	0.120	
$v = 2.1$																						0.002	0.013	0.023	0.035	0.047	0.060	0.072	0.086	0.099	
$v = 2.2$																								0.007	0.018	0.029	0.041	0.053	0.066	0.078	
$v = 2.3$																									0.002	0.013	0.023	0.035	0.046	0.059	
$v = 2.4$																										0.007	0.018	0.028	0.040		
$v = 2.5$																											0.003	0.013	0.023		



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,10$ e $\lambda = 0$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

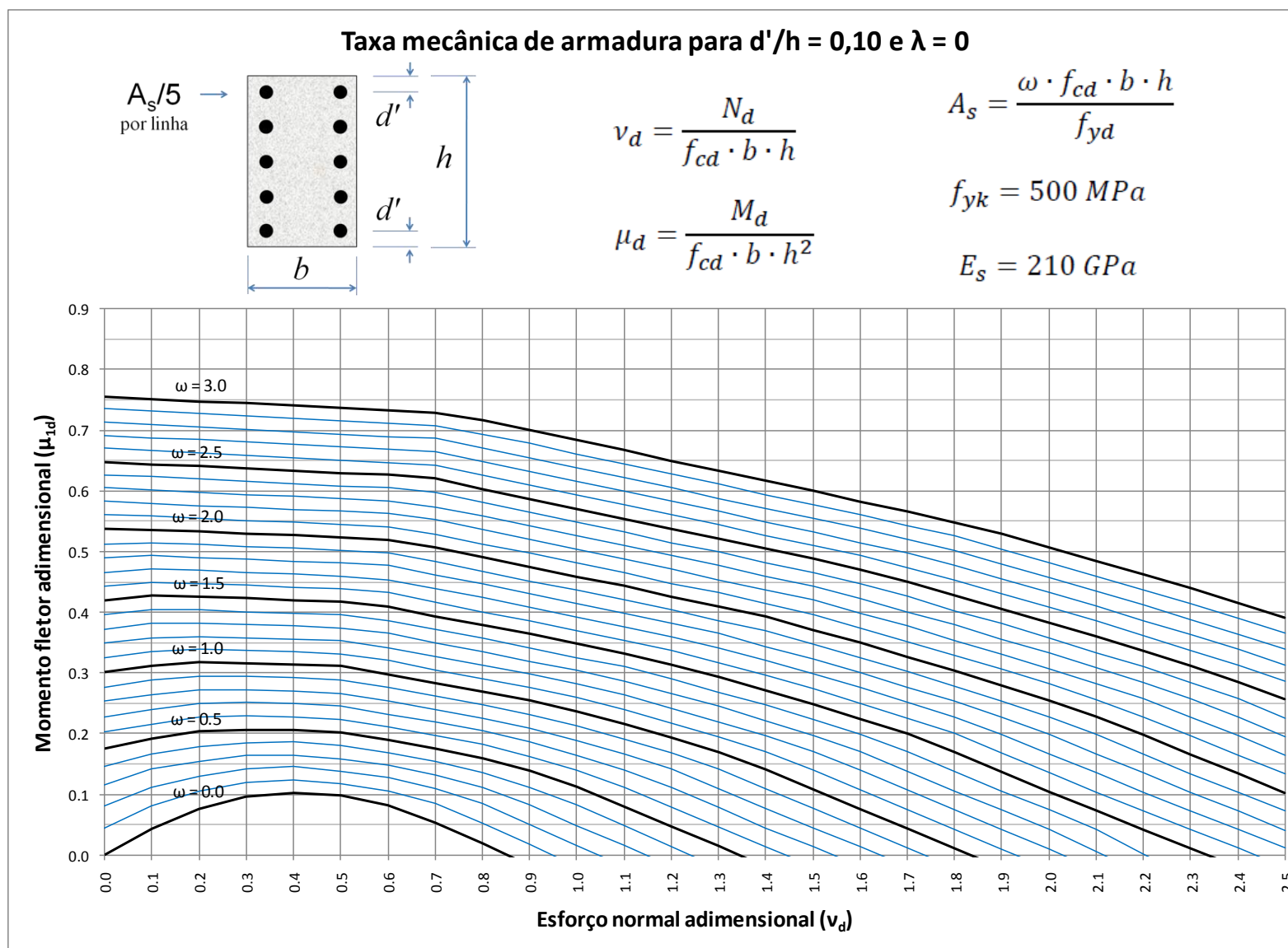
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

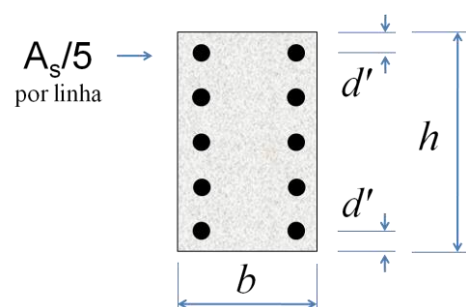
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$		
$\mathbf{v} = 0.0$	0.000	0.044	0.081	0.115	0.146	0.176	0.203	0.228	0.253	0.277	0.301	0.325	0.349	0.372	0.396	0.419	0.443	0.466	0.490	0.513	0.537	0.560	0.583	0.605	0.626	0.648	0.670	0.691	0.713	0.735	0.756		
$\mathbf{v} = 0.1$	0.044	0.080	0.111	0.141	0.166	0.191	0.216	0.240	0.264	0.288	0.311	0.335	0.358	0.382	0.405	0.428	0.450	0.471	0.493	0.515	0.536	0.558	0.580	0.601	0.623	0.644	0.666	0.688	0.709	0.731	0.752	0.774	
$\mathbf{v} = 0.2$	0.076	0.105	0.130	0.155	0.179	0.203	0.227	0.250	0.273	0.295	0.317	0.339	0.360	0.382	0.404	0.425	0.447	0.469	0.490	0.512	0.533	0.555	0.576	0.598	0.619	0.641	0.662	0.684	0.705	0.727	0.748	0.769	
$\mathbf{v} = 0.3$	0.096	0.119	0.142	0.164	0.185	0.207	0.229	0.251	0.272	0.294	0.315	0.337	0.358	0.380	0.401	0.423	0.444	0.466	0.487	0.509	0.530	0.551	0.573	0.594	0.616	0.637	0.659	0.680	0.702	0.723	0.744	0.765	
$\mathbf{v} = 0.4$	0.103	0.124	0.145	0.165	0.186	0.207	0.228	0.250	0.271	0.292	0.313	0.335	0.356	0.377	0.399	0.420	0.441	0.463	0.484	0.505	0.527	0.548	0.569	0.591	0.612	0.633	0.655	0.676	0.698	0.719	0.740	0.761	
$\mathbf{v} = 0.5$	0.099	0.118	0.138	0.159	0.180	0.201	0.223	0.245	0.267	0.289	0.311	0.332	0.353	0.374	0.396	0.417	0.438	0.459	0.481	0.502	0.523	0.544	0.566	0.587	0.608	0.630	0.651	0.672	0.694	0.715	0.736	0.757	
$\mathbf{v} = 0.6$	0.082	0.105	0.127	0.148	0.168	0.189	0.211	0.232	0.254	0.276	0.298	0.320	0.342	0.365	0.387	0.409	0.432	0.454	0.477	0.498	0.519	0.541	0.562	0.583	0.605	0.626	0.647	0.668	0.690	0.711	0.732	0.753	
$\mathbf{v} = 0.7$	0.053	0.084	0.109	0.132	0.154	0.176	0.197	0.219	0.240	0.262	0.284	0.305	0.328	0.350	0.372	0.394	0.417	0.439	0.461	0.484	0.507	0.529	0.552	0.574	0.597	0.620	0.642	0.664	0.686	0.707	0.728	0.749	
$\mathbf{v} = 0.8$	0.018	0.052	0.084	0.111	0.135	0.159	0.182	0.204	0.226	0.247	0.269	0.291	0.313	0.335	0.357	0.379	0.401	0.424	0.446	0.468	0.491	0.513	0.536	0.558	0.581	0.603	0.626	0.649	0.671	0.694	0.717	0.739	
$\mathbf{v} = 0.9$		0.017	0.050	0.083	0.112	0.138	0.162	0.186	0.209	0.232	0.254	0.276	0.298	0.319	0.341	0.364	0.386	0.408	0.430	0.452	0.475	0.497	0.520	0.542	0.565	0.587	0.610	0.632	0.655	0.678	0.700	0.722	
$\mathbf{v} = 1.0$			0.016	0.049	0.082	0.112	0.139	0.164	0.189	0.213	0.236	0.260	0.282	0.304	0.326	0.348	0.370	0.392	0.414	0.436	0.459	0.481	0.503	0.526	0.548	0.571	0.593	0.616	0.638	0.661	0.683	0.705	
$\mathbf{v} = 1.1$				0.015	0.048	0.080	0.112	0.140	0.166	0.191	0.216	0.239	0.263	0.287	0.310	0.332	0.354	0.376	0.398	0.420	0.443	0.465	0.487	0.510	0.532	0.554	0.577	0.599	0.622	0.644	0.667	0.689	
$\mathbf{v} = 1.2$					0.014	0.047	0.079	0.112	0.141	0.168	0.193	0.218	0.242	0.266	0.290	0.314	0.337	0.360	0.382	0.404	0.426	0.448	0.471	0.493	0.515	0.538	0.560	0.583	0.605	0.628	0.650	0.673	
$\mathbf{v} = 1.3$						0.014	0.046	0.078	0.110	0.141	0.169	0.195	0.220	0.245	0.269	0.293	0.317	0.342	0.365	0.387	0.410	0.432	0.454	0.477	0.499	0.521	0.544	0.566	0.588	0.611	0.633	0.655	
$\mathbf{v} = 1.4$							0.014	0.045	0.077	0.109	0.141	0.170	0.196	0.222	0.247	0.272	0.296	0.320	0.344	0.369	0.393	0.415	0.437	0.460	0.482	0.504	0.527	0.549	0.572	0.594	0.617	0.639	
$\mathbf{v} = 1.5$								0.013	0.045	0.077	0.108	0.140	0.170	0.197	0.223	0.249	0.274	0.298	0.323	0.347	0.371	0.396	0.420	0.443	0.465	0.488	0.510	0.532	0.555	0.577	0.600	0.622	
$\mathbf{v} = 1.6$									0.013	0.044	0.076	0.107	0.139	0.171	0.198	0.225	0.250	0.276	0.300	0.325	0.350	0.374	0.398	0.423	0.447	0.471	0.493	0.515	0.538	0.560	0.583	0.605	
$\mathbf{v} = 1.7$										0.012	0.044	0.075	0.107	0.138	0.170	0.199	0.226	0.252	0.277	0.302	0.327	0.352	0.377	0.401	0.426	0.450	0.474	0.498	0.521	0.543	0.566	0.588	
$\mathbf{v} = 1.8$											0.011	0.043	0.075	0.106	0.137	0.169	0.200	0.227	0.253	0.279	0.304	0.329	0.354	0.379	0.403	0.428	0.453	0.477	0.502	0.526	0.548	0.570	
$\mathbf{v} = 1.9$												0.010	0.043	0.074	0.105	0.137	0.168	0.199	0.228	0.254	0.280	0.306	0.331	0.356	0.381	0.406	0.430	0.455	0.480	0.504	0.529	0.551	
$\mathbf{v} = 2.0$													0.009	0.043	0.074	0.105	0.136	0.167	0.198	0.228	0.255	0.282	0.307	0.333	0.358	0.383	0.408	0.433	0.457	0.482	0.507	0.528	
$\mathbf{v} = 2.1$														0.006	0.042	0.073	0.104	0.135	0.166	0.198	0.229	0.256	0.283	0.309	0.334	0.360	0.385	0.410	0.435	0.460	0.484	0.507	
$\mathbf{v} = 2.2$															0.002	0.042	0.073	0.104	0.135	0.166	0.197	0.228	0.257	0.284	0.310	0.336	0.361	0.387	0.412	0.437	0.462	0.485	
$\mathbf{v} = 2.3$																0.042	0.072	0.103	0.134	0.165	0.196	0.227	0.258	0.285	0.311	0.337	0.363	0.388	0.414	0.439	0.463	0.486	
$\mathbf{v} = 2.4$																	0.042	0.072	0.103	0.134	0.165	0.196	0.227	0.258	0.286	0.312	0.339	0.364	0.390	0.415	0.440	0.463	
$\mathbf{v} = 2.5$																		0.041	0.072	0.102	0.133	0.164	0.195	0.226	0.257	0.287	0.313	0.340	0.366	0.391	0.416	0.439	0.462



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,10$ e $\lambda = 30$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

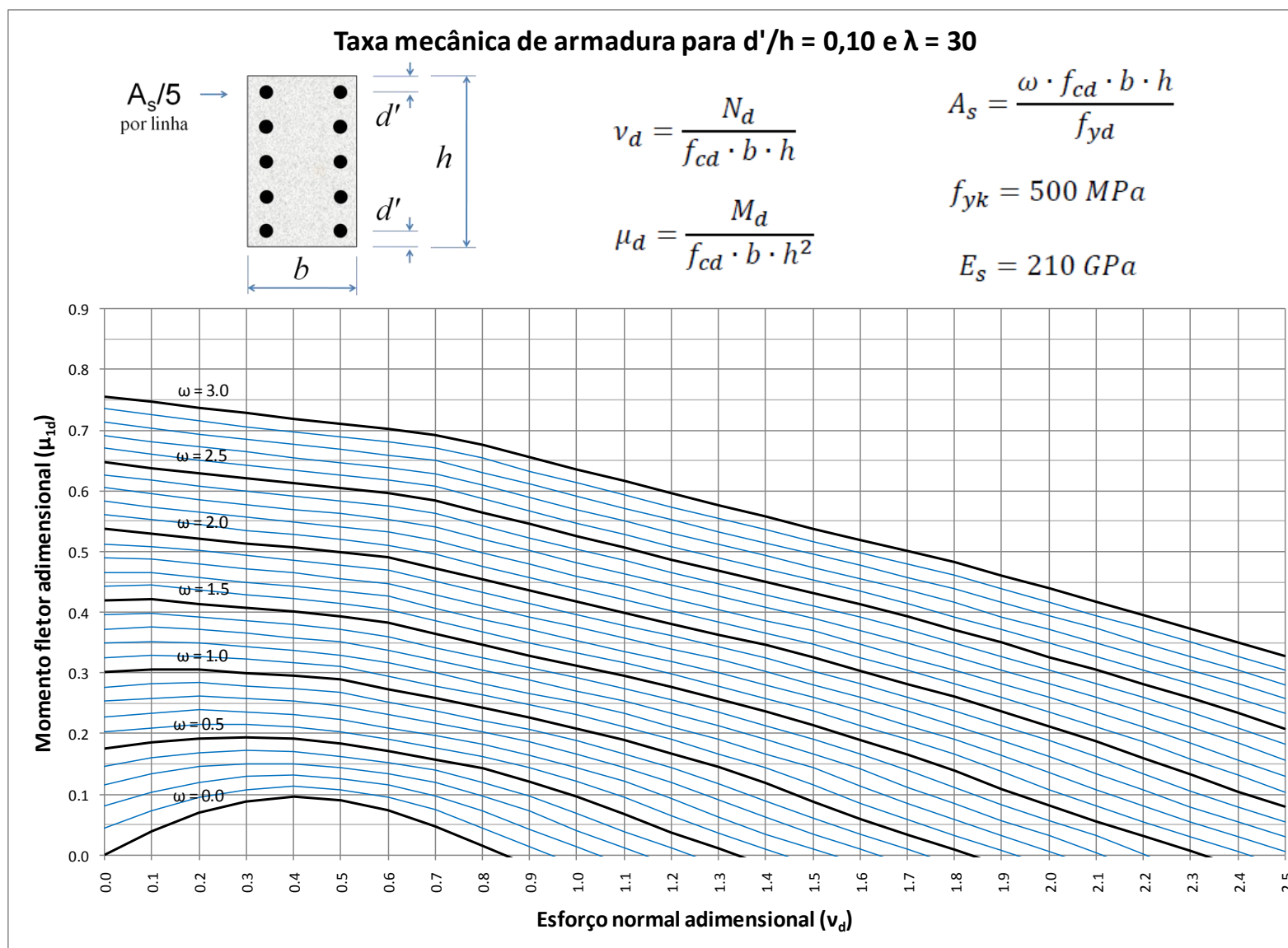
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

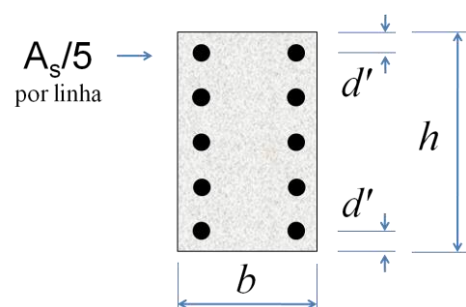
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\mathbf{v} = 0.0$	0.000	0.044	0.081	0.115	0.146	0.176	0.203	0.228	0.253	0.277	0.301	0.325	0.349	0.372	0.396	0.419	0.443	0.466	0.490	0.513	0.537	0.560	0.583	0.605	0.626	0.648	0.670	0.691	0.713	0.735	0.756
$\mathbf{v} = 0.1$	0.039	0.073	0.104	0.134	0.160	0.185	0.210	0.234	0.258	0.282	0.305	0.329	0.352	0.376	0.399	0.422	0.444	0.465	0.487	0.509	0.530	0.552	0.574	0.595	0.617	0.638	0.660	0.681	0.703	0.725	0.746
$\mathbf{v} = 0.2$	0.069	0.095	0.120	0.145	0.169	0.192	0.216	0.239	0.262	0.284	0.306	0.327	0.349	0.371	0.393	0.414	0.436	0.457	0.479	0.501	0.522	0.544	0.565	0.586	0.608	0.629	0.651	0.672	0.694	0.715	0.737
$\mathbf{v} = 0.3$	0.088	0.108	0.130	0.151	0.172	0.194	0.215	0.236	0.258	0.279	0.300	0.322	0.343	0.365	0.386	0.407	0.429	0.450	0.471	0.493	0.514	0.535	0.557	0.578	0.600	0.621	0.642	0.664	0.685	0.706	0.728
$\mathbf{v} = 0.4$	0.096	0.113	0.131	0.151	0.170	0.191	0.211	0.232	0.253	0.274	0.295	0.316	0.337	0.358	0.380	0.401	0.422	0.443	0.465	0.486	0.507	0.528	0.549	0.570	0.592	0.613	0.634	0.655	0.677	0.698	0.719
$\mathbf{v} = 0.5$	0.091	0.108	0.126	0.144	0.163	0.183	0.203	0.224	0.246	0.268	0.289	0.310	0.330	0.351	0.372	0.393	0.414	0.435	0.456	0.478	0.499	0.520	0.541	0.562	0.584	0.605	0.626	0.647	0.668	0.690	0.711
$\mathbf{v} = 0.6$	0.074	0.096	0.115	0.134	0.152	0.171	0.190	0.210	0.231	0.252	0.273	0.295	0.316	0.338	0.360	0.382	0.404	0.426	0.448	0.469	0.490	0.511	0.532	0.553	0.575	0.596	0.617	0.638	0.659	0.681	0.702
$\mathbf{v} = 0.7$	0.047	0.074	0.098	0.119	0.139	0.158	0.177	0.197	0.217	0.237	0.258	0.278	0.300	0.321	0.342	0.364	0.386	0.407	0.429	0.451	0.473	0.495	0.518	0.540	0.562	0.585	0.607	0.629	0.650	0.671	0.692
$\mathbf{v} = 0.8$	0.015	0.044	0.073	0.098	0.120	0.142	0.162	0.182	0.202	0.222	0.242	0.263	0.283	0.304	0.325	0.346	0.368	0.389	0.411	0.433	0.454	0.476	0.498	0.520	0.542	0.564	0.587	0.609	0.631	0.654	0.676
$\mathbf{v} = 0.9$		0.014	0.042	0.072	0.097	0.121	0.143	0.164	0.186	0.207	0.226	0.247	0.267	0.288	0.308	0.329	0.350	0.371	0.393	0.414	0.436	0.457	0.479	0.501	0.523	0.545	0.567	0.589	0.611	0.633	0.656
$\mathbf{v} = 1.0$			0.013	0.041	0.069	0.097	0.121	0.144	0.166	0.188	0.209	0.231	0.251	0.271	0.292	0.312	0.333	0.354	0.375	0.396	0.417	0.439	0.460	0.482	0.504	0.525	0.547	0.569	0.591	0.614	0.636
$\mathbf{v} = 1.1$				0.012	0.039	0.067	0.095	0.121	0.144	0.167	0.189	0.211	0.233	0.254	0.275	0.295	0.316	0.336	0.357	0.378	0.399	0.420	0.442	0.463	0.485	0.506	0.528	0.550	0.572	0.594	0.616
$\mathbf{v} = 1.2$					0.011	0.037	0.065	0.093	0.119	0.144	0.167	0.190	0.212	0.234	0.256	0.277	0.298	0.319	0.340	0.361	0.381	0.402	0.423	0.445	0.466	0.487	0.509	0.531	0.552	0.574	0.596
$\mathbf{v} = 1.3$						0.010	0.036	0.063	0.091	0.118	0.144	0.167	0.191	0.213	0.235	0.257	0.279	0.300	0.322	0.343	0.363	0.384	0.405	0.427	0.447	0.469	0.490	0.512	0.533	0.555	0.577
$\mathbf{v} = 1.4$							0.010	0.035	0.062	0.090	0.118	0.143	0.167	0.191	0.214	0.236	0.258	0.280	0.302	0.324	0.346	0.366	0.387	0.408	0.429	0.450	0.471	0.493	0.514	0.536	0.557
$\mathbf{v} = 1.5$								0.010	0.035	0.061	0.088	0.116	0.143	0.167	0.191	0.214	0.237	0.259	0.281	0.303	0.325	0.347	0.369	0.390	0.411	0.432	0.453	0.474	0.495	0.517	0.538
$\mathbf{v} = 1.6$									0.009	0.034	0.059	0.086	0.114	0.142	0.166	0.190	0.214	0.237	0.259	0.282	0.303	0.326	0.347	0.370	0.392	0.414	0.435	0.455	0.477	0.498	0.519
$\mathbf{v} = 1.7$										0.009	0.033	0.059	0.085	0.112	0.139	0.166	0.190	0.214	0.237	0.260	0.282	0.304	0.326	0.349	0.371	0.393	0.415	0.437	0.458	0.480	0.500
$\mathbf{v} = 1.8$											0.008	0.032	0.058	0.084	0.111	0.139	0.166	0.190	0.213	0.237	0.260	0.283	0.304	0.327	0.349	0.371	0.393	0.416	0.438	0.461	0.482
$\mathbf{v} = 1.9$												0.007	0.032	0.057	0.083	0.109	0.137	0.164	0.189	0.213	0.237	0.259	0.282	0.305	0.327	0.350	0.372	0.393	0.416	0.439	0.461
$\mathbf{v} = 2.0$													0.006	0.032	0.056	0.082	0.108	0.135	0.163	0.189	0.213	0.236	0.260	0.282	0.305	0.327	0.350	0.372	0.394	0.417	0.439
$\mathbf{v} = 2.1$														0.003	0.032	0.056	0.081	0.107	0.134	0.162	0.188	0.212	0.236	0.259	0.283	0.305	0.328	0.350	0.373	0.395	0.417
$\mathbf{v} = 2.2$															0.001	0.031	0.055	0.080	0.107	0.133	0.160	0.186	0.211	0.235	0.259	0.282	0.305	0.328	0.350	0.373	0.395
$\mathbf{v} = 2.3$																0.030	0.054	0.079	0.106	0.132	0.159	0.185	0.212	0.235	0.259	0.282	0.305	0.328	0.351	0.373	
$\mathbf{v} = 2.4$																	0.030	0.054	0.079	0.104	0.131	0.157	0.184	0.210	0.234	0.258	0.282	0.305	0.328	0.350	
$\mathbf{v} = 2.5$																		0.030	0.054	0.079	0.104	0.130	0.156	0.183	0.209	0.234	0.258	0.281	0.305	0.328	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,10$ e $\lambda = 60$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

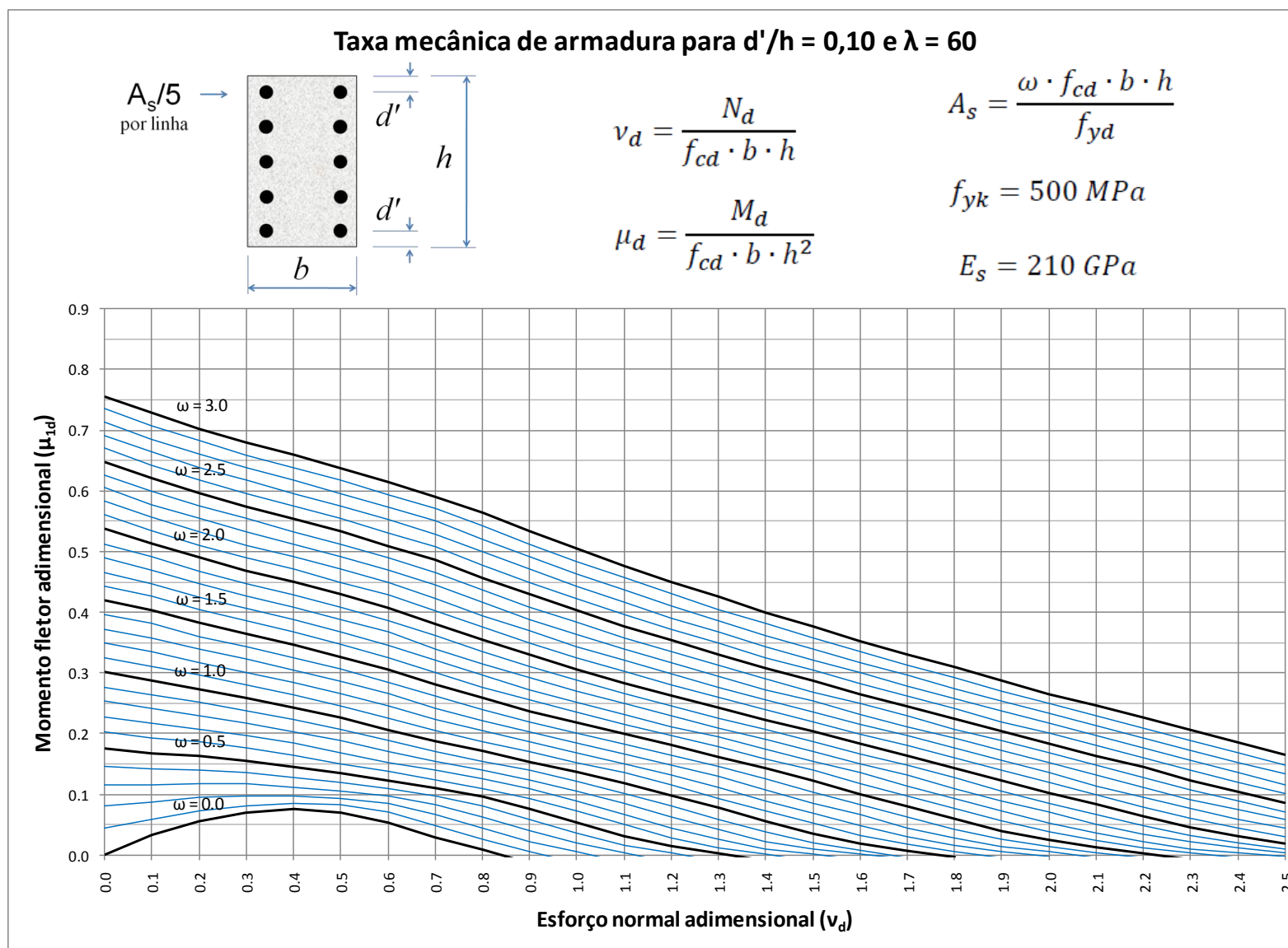
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

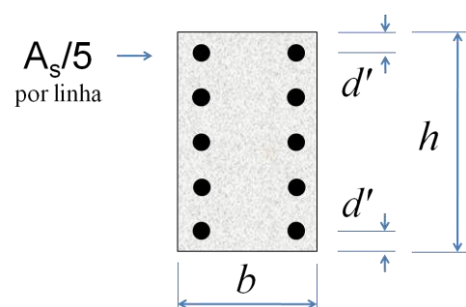
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\mathbf{v} = 0.0$	0.000	0.044	0.081	0.115	0.146	0.176	0.203	0.228	0.253	0.277	0.301	0.325	0.349	0.372	0.396	0.419	0.443	0.466	0.490	0.513	0.537	0.560	0.583	0.605	0.626	0.648	0.670	0.691	0.713	0.735	0.756
$\mathbf{v} = 0.1$	0.033	0.058	0.087	0.115	0.142	0.168	0.193	0.217	0.241	0.264	0.288	0.311	0.335	0.358	0.381	0.404	0.426	0.448	0.469	0.491	0.513	0.534	0.556	0.578	0.599	0.621	0.642	0.664	0.685	0.707	0.728
$\mathbf{v} = 0.2$	0.055	0.072	0.095	0.117	0.140	0.163	0.186	0.208	0.230	0.252	0.274	0.296	0.317	0.339	0.360	0.382	0.404	0.425	0.447	0.468	0.490	0.511	0.532	0.554	0.575	0.596	0.618	0.639	0.660	0.682	0.703
$\mathbf{v} = 0.3$	0.070	0.081	0.098	0.117	0.136	0.156	0.176	0.197	0.217	0.238	0.259	0.280	0.301	0.322	0.343	0.364	0.385	0.406	0.427	0.448	0.469	0.490	0.511	0.532	0.554	0.575	0.596	0.617	0.638	0.659	0.680
$\mathbf{v} = 0.4$	0.075	0.086	0.097	0.112	0.128	0.146	0.164	0.184	0.203	0.223	0.243	0.263	0.284	0.305	0.325	0.346	0.367	0.388	0.408	0.429	0.450	0.471	0.492	0.513	0.533	0.554	0.575	0.596	0.617	0.638	0.659
$\mathbf{v} = 0.5$	0.070	0.082	0.093	0.105	0.119	0.134	0.151	0.169	0.188	0.207	0.227	0.246	0.267	0.286	0.306	0.327	0.347	0.367	0.388	0.409	0.429	0.450	0.471	0.491	0.512	0.533	0.554	0.575	0.596	0.617	0.638
$\mathbf{v} = 0.6$	0.053	0.070	0.084	0.097	0.109	0.123	0.138	0.153	0.170	0.188	0.207	0.225	0.245	0.265	0.285	0.305	0.325	0.346	0.367	0.387	0.408	0.428	0.449	0.469	0.490	0.510	0.531	0.552	0.573	0.594	0.615
$\mathbf{v} = 0.7$	0.029	0.049	0.067	0.083	0.097	0.111	0.124	0.139	0.154	0.171	0.188	0.205	0.223	0.242	0.261	0.281	0.300	0.320	0.340	0.361	0.381	0.402	0.423	0.444	0.465	0.486	0.508	0.529	0.550	0.571	0.591
$\mathbf{v} = 0.8$	0.008	0.025	0.044	0.063	0.080	0.096	0.110	0.125	0.139	0.154	0.171	0.187	0.204	0.222	0.239	0.258	0.277	0.296	0.315	0.335	0.355	0.375	0.395	0.416	0.437	0.457	0.478	0.500	0.521	0.542	0.563
$\mathbf{v} = 0.9$		0.006	0.022	0.040	0.058	0.076	0.093	0.109	0.124	0.139	0.154	0.170	0.186	0.203	0.220	0.237	0.255	0.273	0.292	0.311	0.330	0.349	0.369	0.389	0.409	0.430	0.450	0.471	0.491	0.512	0.533
$\mathbf{v} = 1.0$			0.005	0.019	0.036	0.054	0.072	0.089	0.106	0.122	0.137	0.153	0.169	0.185	0.201	0.218	0.235	0.252	0.270	0.288	0.306	0.325	0.344	0.364	0.383	0.403	0.423	0.443	0.463	0.484	0.504
$\mathbf{v} = 1.1$				0.003	0.016	0.032	0.050	0.067	0.085	0.102	0.119	0.135	0.151	0.167	0.183	0.199	0.215	0.232	0.249	0.266	0.284	0.302	0.321	0.340	0.358	0.377	0.397	0.417	0.436	0.457	0.477
$\mathbf{v} = 1.2$					0.003	0.014	0.028	0.045	0.063	0.081	0.098	0.115	0.132	0.148	0.164	0.181	0.196	0.212	0.229	0.246	0.263	0.280	0.298	0.316	0.335	0.354	0.372	0.391	0.411	0.430	0.450
$\mathbf{v} = 1.3$						0.002	0.012	0.025	0.042	0.059	0.077	0.094	0.112	0.129	0.146	0.162	0.178	0.194	0.210	0.226	0.243	0.259	0.276	0.294	0.312	0.330	0.349	0.367	0.386	0.405	0.425
$\mathbf{v} = 1.4$							0.001	0.010	0.022	0.038	0.055	0.073	0.090	0.108	0.125	0.142	0.158	0.174	0.190	0.207	0.223	0.239	0.256	0.273	0.291	0.308	0.326	0.344	0.362	0.381	0.400
$\mathbf{v} = 1.5$								0.001	0.009	0.020	0.035	0.052	0.069	0.086	0.104	0.122	0.139	0.155	0.171	0.187	0.203	0.219	0.236	0.253	0.269	0.287	0.304	0.321	0.339	0.358	0.376
$\mathbf{v} = 1.6$									0.001	0.008	0.018	0.032	0.048	0.066	0.082	0.101	0.118	0.135	0.151	0.167	0.183	0.199	0.216	0.232	0.249	0.266	0.282	0.300	0.317	0.335	0.353
$\mathbf{v} = 1.7$										0.007	0.017	0.030	0.045	0.062	0.079	0.097	0.114	0.131	0.148	0.164	0.180	0.196	0.212	0.229	0.245	0.262	0.279	0.296	0.313	0.331	
$\mathbf{v} = 1.8$											0.006	0.015	0.028	0.042	0.059	0.076	0.093	0.110	0.127	0.143	0.160	0.176	0.193	0.208	0.224	0.241	0.257	0.275	0.292	0.309	
$\mathbf{v} = 1.9$												0.006	0.014	0.026	0.040	0.056	0.073	0.089	0.106	0.123	0.140	0.156	0.172	0.188	0.204	0.220	0.238	0.254	0.271	0.288	
$\mathbf{v} = 2.0$														0.005	0.013	0.025	0.038	0.053	0.070	0.086	0.102	0.119	0.135	0.152	0.168	0.184	0.201	0.217	0.233	0.250	0.266
$\mathbf{v} = 2.1$															0.004	0.013	0.023	0.036	0.050	0.067	0.083	0.099	0.114	0.131	0.148	0.164	0.181	0.196	0.213	0.229	0.246
$\mathbf{v} = 2.2$																0.003	0.011	0.022	0.034	0.048	0.064	0.079	0.095	0.111	0.128	0.144	0.161	0.176	0.193	0.209	0.226
$\mathbf{v} = 2.3$																	0.003	0.010	0.021	0.033	0.046	0.061	0.077	0.092	0.107	0.123	0.140	0.156	0.173	0.189	0.205
$\mathbf{v} = 2.4$																		0.004	0.011	0.020	0.031	0.044	0.059	0.074	0.089	0.104	0.120	0.136	0.152	0.169	0.185
$\mathbf{v} = 2.5$																			0.003	0.010	0.019	0.030	0.044	0.058	0.071	0.085	0.101	0.116	0.133	0.149	0.165



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,10$ e $\lambda = 90$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

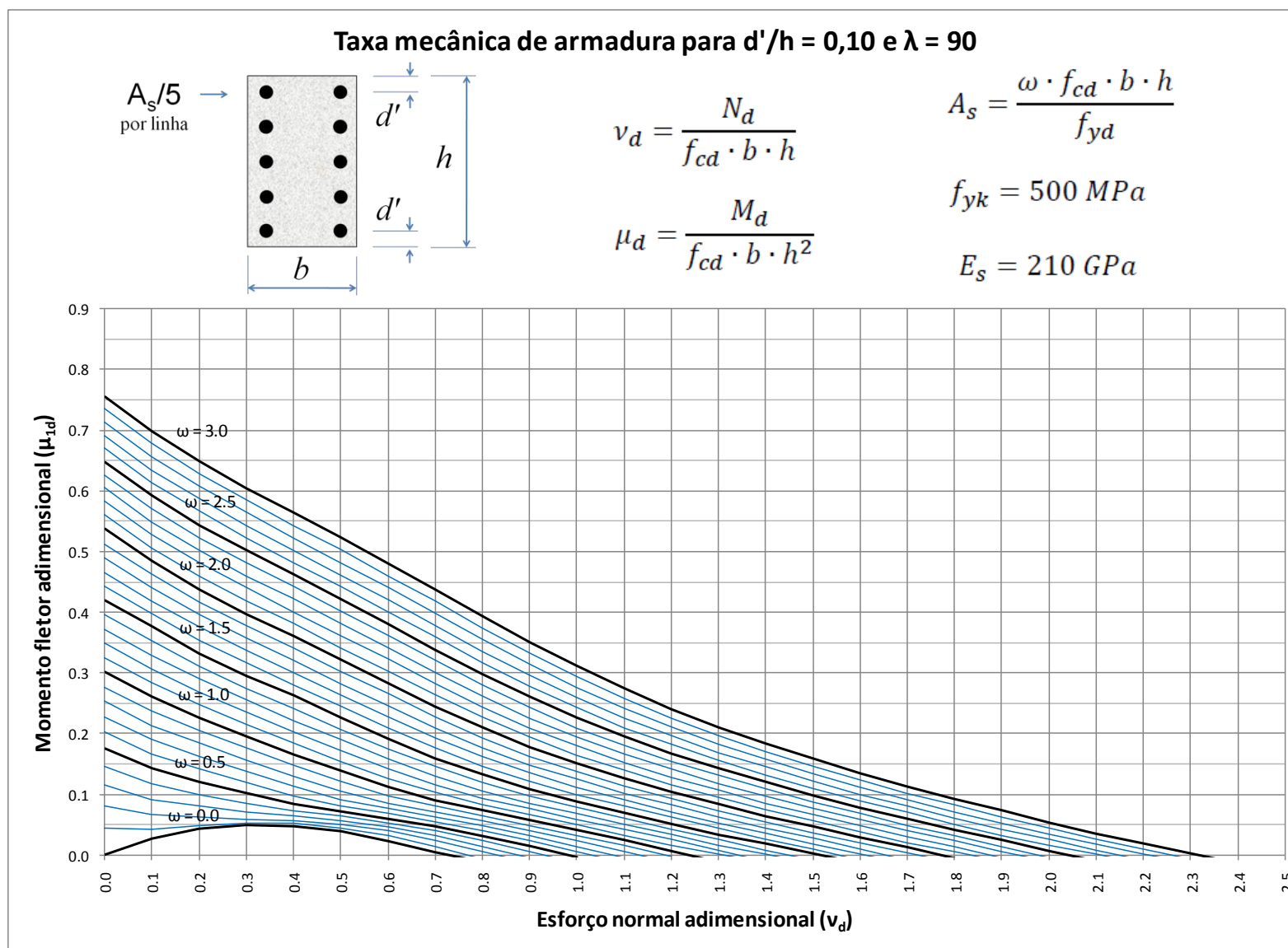
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

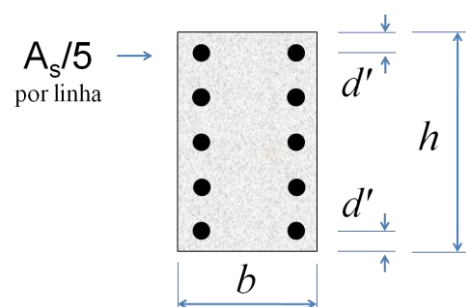
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.044	0.081	0.115	0.146	0.176	0.203	0.228	0.253	0.277	0.301	0.325	0.349	0.372	0.396	0.419	0.443	0.466	0.490	0.513	0.537	0.560	0.583	0.605	0.626	0.648	0.670	0.691	0.713	0.735	0.756
$v = 0.1$	0.028	0.042	0.066	0.091	0.117	0.142	0.167	0.191	0.214	0.237	0.261	0.284	0.307	0.330	0.353	0.376	0.398	0.419	0.441	0.463	0.484	0.506	0.528	0.549	0.571	0.592	0.614	0.635	0.657	0.678	0.699
$v = 0.2$	0.043	0.048	0.062	0.080	0.099	0.120	0.141	0.162	0.184	0.205	0.226	0.247	0.269	0.290	0.311	0.332	0.354	0.375	0.396	0.417	0.438	0.460	0.481	0.502	0.523	0.544	0.566	0.587	0.608	0.629	0.650
$v = 0.3$	0.049	0.053	0.059	0.070	0.085	0.102	0.119	0.138	0.157	0.176	0.195	0.215	0.235	0.255	0.275	0.296	0.316	0.337	0.357	0.378	0.398	0.419	0.440	0.460	0.481	0.502	0.522	0.543	0.564	0.585	0.605
$v = 0.4$	0.047	0.052	0.057	0.064	0.072	0.083	0.098	0.114	0.130	0.148	0.166	0.184	0.203	0.222	0.242	0.262	0.281	0.301	0.321	0.341	0.361	0.381	0.401	0.422	0.442	0.462	0.482	0.502	0.523	0.543	0.564
$v = 0.5$	0.039	0.045	0.051	0.057	0.064	0.071	0.080	0.092	0.106	0.121	0.138	0.154	0.172	0.190	0.208	0.226	0.245	0.264	0.283	0.303	0.322	0.342	0.362	0.382	0.402	0.422	0.442	0.462	0.482	0.503	0.523
$v = 0.6$	0.022	0.032	0.040	0.047	0.053	0.060	0.068	0.076	0.086	0.098	0.112	0.126	0.142	0.158	0.174	0.192	0.210	0.228	0.246	0.265	0.284	0.303	0.322	0.341	0.361	0.380	0.400	0.420	0.440	0.460	0.480
$v = 0.7$	0.005	0.013	0.023	0.032	0.040	0.048	0.055	0.063	0.071	0.080	0.090	0.103	0.116	0.130	0.145	0.160	0.176	0.193	0.210	0.227	0.245	0.263	0.282	0.301	0.320	0.339	0.359	0.378	0.398	0.418	0.437
$v = 0.8$			0.005	0.014	0.023	0.032	0.040	0.048	0.056	0.065	0.074	0.083	0.094	0.106	0.119	0.133	0.147	0.162	0.177	0.193	0.210	0.227	0.244	0.262	0.280	0.298	0.317	0.336	0.355	0.374	0.394
$v = 0.9$				0.005	0.014	0.023	0.032	0.041	0.049	0.058	0.067	0.076	0.086	0.097	0.109	0.122	0.136	0.149	0.163	0.178	0.194	0.210	0.226	0.243	0.261	0.278	0.296	0.314	0.333	0.351	
$v = 1.0$						0.005	0.014	0.024	0.033	0.042	0.050	0.059	0.068	0.078	0.089	0.100	0.112	0.125	0.138	0.151	0.165	0.180	0.195	0.210	0.226	0.243	0.259	0.277	0.294	0.312	
$v = 1.1$								0.006	0.015	0.024	0.033	0.042	0.051	0.061	0.070	0.080	0.091	0.102	0.114	0.127	0.139	0.153	0.167	0.180	0.195	0.210	0.226	0.242	0.258	0.275	
$v = 1.2$									0.006	0.015	0.025	0.034	0.043	0.052	0.062	0.071	0.082	0.093	0.104	0.116	0.128	0.141	0.154	0.168	0.182	0.196	0.211	0.226	0.241		
$v = 1.3$										0.001	0.007	0.016	0.025	0.034	0.044	0.053	0.063	0.073	0.084	0.095	0.107	0.118	0.131	0.143	0.156	0.169	0.183	0.197	0.211		
$v = 1.4$												0.001	0.008	0.018	0.027	0.036	0.045	0.055	0.064	0.075	0.085	0.097	0.109	0.120	0.132	0.145	0.158	0.171	0.184		
$v = 1.5$															0.002	0.009	0.018	0.028	0.037	0.047	0.056	0.066	0.077	0.088	0.098	0.110	0.122	0.134	0.146	0.159	
$v = 1.6$																0.002	0.010	0.019	0.029	0.038	0.048	0.058	0.068	0.078	0.090	0.100	0.112	0.123	0.135		
$v = 1.7$																		0.003	0.012	0.020	0.030	0.040	0.049	0.060	0.070	0.080	0.091	0.102	0.113		
$v = 1.8$																				0.005	0.013	0.023	0.032	0.041	0.050	0.061	0.071	0.082	0.093		
$v = 1.9$																						0.006	0.014	0.024	0.033	0.043	0.052	0.063	0.073		
$v = 2.0$																								0.007	0.016	0.025	0.034	0.044	0.054		
$v = 2.1$																									0.001	0.008	0.017	0.026	0.036		
$v = 2.2$																											0.002	0.010	0.019		
$v = 2.3$																													0.003		
$v = 2.4$																															
$v = 2.5$																															



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,15$ e $\lambda = 0$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

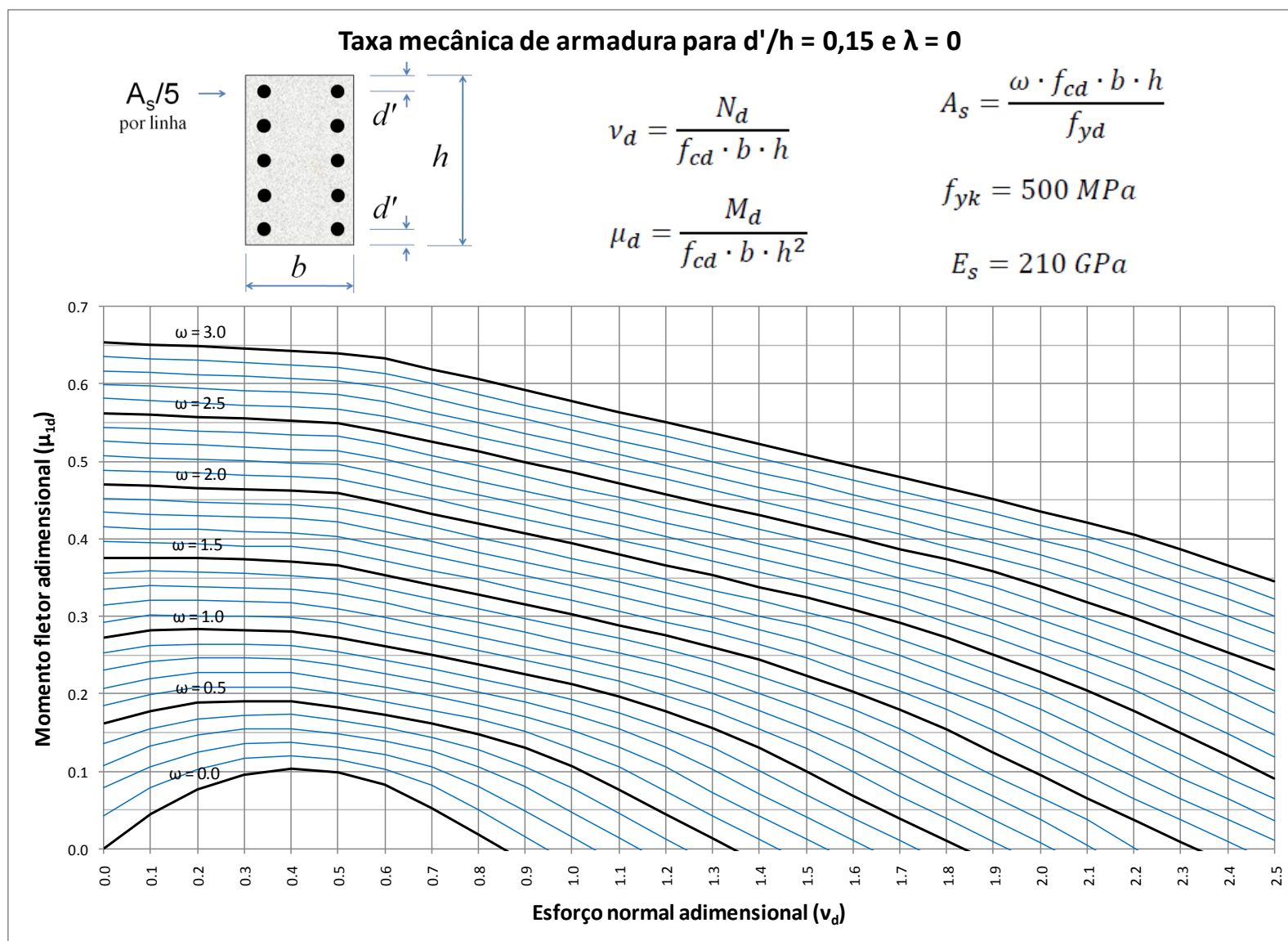
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

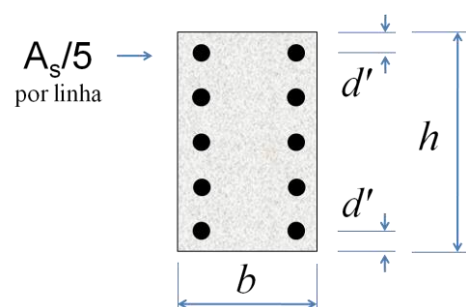
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\mathbf{v} = 0.0$	0.000	0.043	0.078	0.108	0.135	0.162	0.185	0.207	0.230	0.252	0.273	0.293	0.314	0.335	0.355	0.376	0.396	0.415	0.434	0.452	0.471	0.489	0.507	0.526	0.544	0.562	0.581	0.599	0.617	0.636	0.654
$\mathbf{v} = 0.1$	0.044	0.078	0.106	0.132	0.155	0.177	0.199	0.220	0.241	0.262	0.282	0.302	0.321	0.339	0.358	0.376	0.395	0.413	0.432	0.450	0.468	0.487	0.505	0.523	0.542	0.560	0.578	0.597	0.615	0.633	0.651
$\mathbf{v} = 0.2$	0.076	0.102	0.125	0.147	0.168	0.189	0.208	0.227	0.246	0.264	0.283	0.301	0.320	0.338	0.357	0.375	0.393	0.412	0.430	0.448	0.466	0.485	0.503	0.521	0.539	0.558	0.576	0.594	0.612	0.631	0.649
$\mathbf{v} = 0.3$	0.096	0.116	0.135	0.154	0.172	0.191	0.209	0.227	0.246	0.264	0.282	0.300	0.319	0.337	0.355	0.373	0.391	0.410	0.428	0.446	0.464	0.482	0.501	0.519	0.537	0.555	0.573	0.591	0.610	0.628	0.646
$\mathbf{v} = 0.4$	0.103	0.120	0.137	0.155	0.173	0.191	0.209	0.227	0.245	0.263	0.281	0.299	0.317	0.335	0.353	0.371	0.390	0.408	0.426	0.444	0.462	0.480	0.498	0.516	0.534	0.552	0.571	0.589	0.607	0.625	0.643
$\mathbf{v} = 0.5$	0.099	0.115	0.131	0.148	0.165	0.183	0.200	0.218	0.237	0.255	0.273	0.292	0.310	0.329	0.347	0.366	0.384	0.403	0.422	0.440	0.459	0.478	0.496	0.514	0.532	0.550	0.568	0.586	0.604	0.622	0.640
$\mathbf{v} = 0.6$	0.082	0.103	0.122	0.139	0.156	0.173	0.190	0.208	0.226	0.244	0.262	0.280	0.298	0.317	0.335	0.353	0.372	0.390	0.409	0.428	0.446	0.465	0.483	0.502	0.521	0.539	0.558	0.577	0.596	0.614	0.633
$\mathbf{v} = 0.7$	0.053	0.082	0.105	0.126	0.144	0.162	0.179	0.197	0.215	0.232	0.250	0.268	0.286	0.304	0.323	0.341	0.359	0.378	0.396	0.415	0.433	0.452	0.470	0.489	0.507	0.526	0.545	0.563	0.582	0.601	0.619
$\mathbf{v} = 0.8$	0.018	0.051	0.081	0.106	0.128	0.148	0.167	0.185	0.202	0.220	0.238	0.256	0.274	0.292	0.310	0.328	0.347	0.365	0.383	0.402	0.420	0.438	0.457	0.475	0.494	0.513	0.531	0.550	0.568	0.587	0.606
$\mathbf{v} = 0.9$		0.016	0.049	0.080	0.106	0.130	0.151	0.171	0.189	0.207	0.225	0.243	0.261	0.279	0.297	0.315	0.334	0.352	0.370	0.389	0.407	0.425	0.444	0.462	0.481	0.499	0.518	0.536	0.555	0.573	0.592
$\mathbf{v} = 1.0$			0.015	0.047	0.078	0.106	0.130	0.153	0.174	0.193	0.212	0.230	0.248	0.266	0.284	0.302	0.321	0.339	0.357	0.375	0.394	0.412	0.430	0.449	0.467	0.486	0.504	0.523	0.541	0.560	0.578
$\mathbf{v} = 1.1$				0.014	0.045	0.076	0.106	0.131	0.154	0.176	0.197	0.216	0.234	0.252	0.271	0.289	0.307	0.325	0.344	0.362	0.380	0.398	0.417	0.435	0.454	0.472	0.490	0.509	0.527	0.546	0.564
$\mathbf{v} = 1.2$					0.013	0.044	0.074	0.105	0.131	0.155	0.177	0.198	0.219	0.238	0.257	0.275	0.293	0.312	0.330	0.348	0.366	0.385	0.403	0.421	0.440	0.458	0.477	0.495	0.514	0.532	0.551
$\mathbf{v} = 1.3$						0.013	0.043	0.073	0.103	0.131	0.155	0.178	0.200	0.221	0.242	0.260	0.279	0.298	0.316	0.334	0.353	0.371	0.389	0.408	0.426	0.444	0.463	0.481	0.500	0.518	0.537
$\mathbf{v} = 1.4$							0.012	0.042	0.071	0.101	0.130	0.155	0.179	0.201	0.223	0.244	0.264	0.283	0.301	0.320	0.338	0.357	0.375	0.394	0.412	0.430	0.449	0.467	0.486	0.504	0.523
$\mathbf{v} = 1.5$								0.012	0.041	0.070	0.100	0.129	0.155	0.179	0.202	0.224	0.246	0.267	0.287	0.305	0.324	0.343	0.361	0.380	0.398	0.416	0.435	0.453	0.472	0.490	0.509
$\mathbf{v} = 1.6$									0.011	0.040	0.069	0.099	0.128	0.155	0.180	0.203	0.225	0.247	0.269	0.290	0.309	0.328	0.346	0.365	0.384	0.402	0.421	0.439	0.457	0.476	0.494
$\mathbf{v} = 1.7$										0.010	0.039	0.068	0.098	0.127	0.155	0.180	0.204	0.226	0.249	0.270	0.292	0.313	0.332	0.350	0.369	0.387	0.406	0.425	0.443	0.462	0.480
$\mathbf{v} = 1.8$											0.010	0.039	0.068	0.096	0.125	0.154	0.180	0.204	0.227	0.250	0.272	0.293	0.315	0.335	0.354	0.373	0.391	0.410	0.429	0.447	0.466
$\mathbf{v} = 1.9$												0.009	0.038	0.067	0.095	0.124	0.153	0.180	0.205	0.228	0.251	0.273	0.295	0.316	0.338	0.358	0.376	0.395	0.414	0.433	0.451
$\mathbf{v} = 2.0$													0.007	0.038	0.066	0.095	0.123	0.152	0.180	0.205	0.229	0.251	0.274	0.296	0.318	0.339	0.361	0.380	0.399	0.418	0.436
$\mathbf{v} = 2.1$														0.004	0.038	0.065	0.094	0.122	0.151	0.179	0.205	0.229	0.252	0.275	0.297	0.319	0.341	0.362	0.384	0.403	0.421
$\mathbf{v} = 2.2$															0.001	0.037	0.065	0.093	0.121	0.150	0.178	0.205	0.230	0.253	0.276	0.298	0.320	0.342	0.364	0.385	0.406
$\mathbf{v} = 2.3$																0.037	0.064	0.092	0.121	0.149	0.177	0.205	0.230	0.254	0.276	0.299	0.321	0.343	0.365	0.387	
$\mathbf{v} = 2.4$																	0.037	0.064	0.092	0.120	0.148	0.176	0.204	0.230	0.254	0.277	0.300	0.322	0.345	0.366	
$\mathbf{v} = 2.5$																		0.036	0.064	0.091	0.119	0.147	0.175	0.203	0.231	0.255	0.278	0.301	0.323	0.346	



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,15$ e $\lambda = 30$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

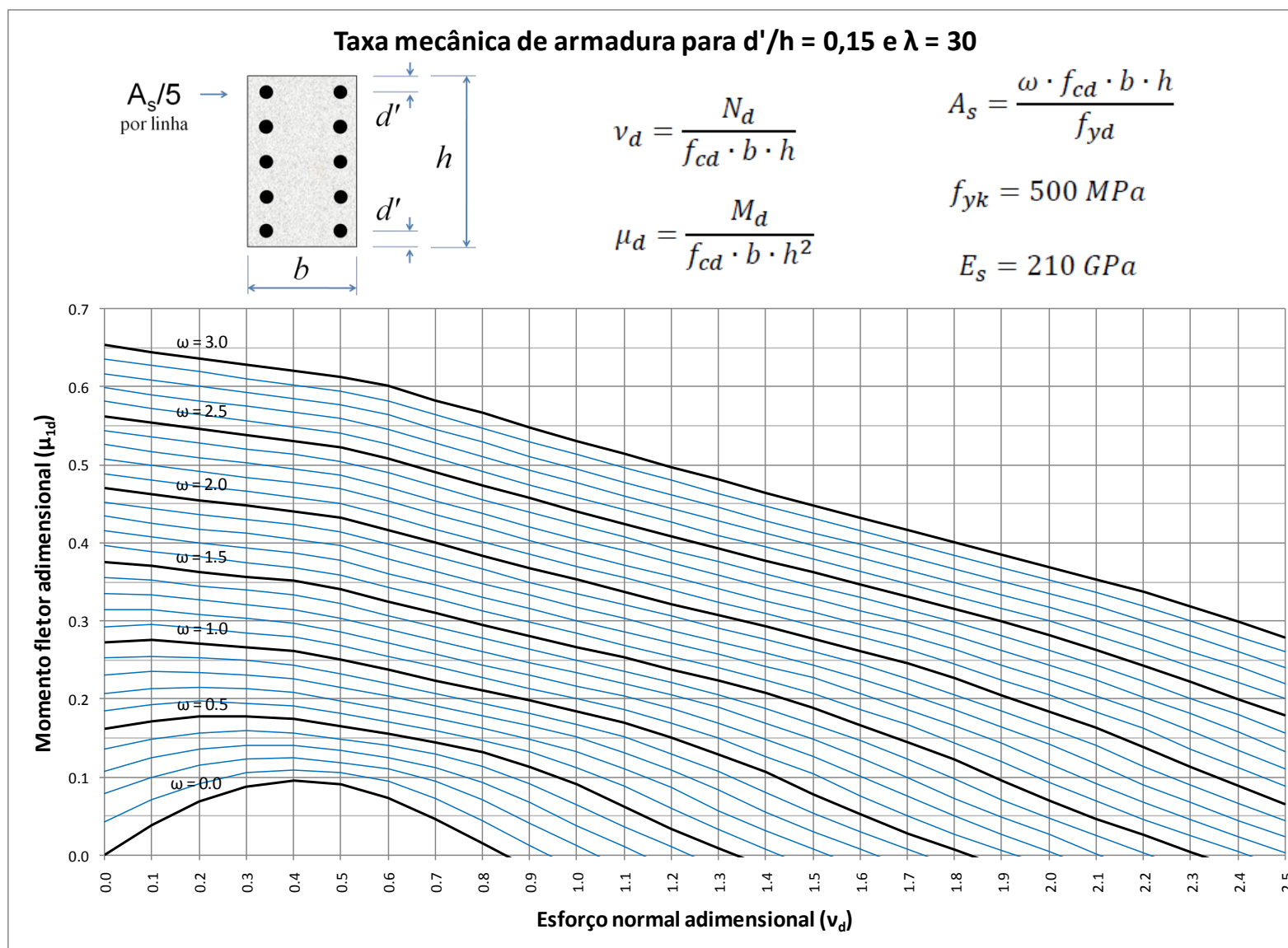
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

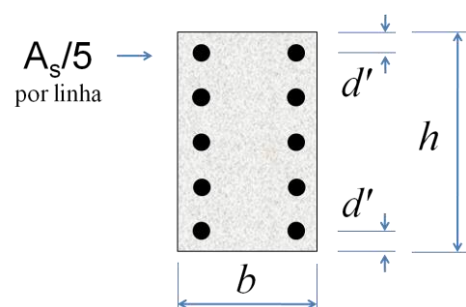
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.043	0.078	0.108	0.135	0.162	0.185	0.207	0.230	0.252	0.273	0.293	0.314	0.335	0.355	0.376	0.396	0.415	0.434	0.452	0.471	0.489	0.507	0.526	0.544	0.562	0.581	0.599	0.617	0.636	0.654
$v = 0.1$	0.039	0.071	0.099	0.125	0.148	0.171	0.193	0.214	0.235	0.255	0.276	0.296	0.314	0.333	0.352	0.370	0.389	0.407	0.425	0.444	0.462	0.481	0.499	0.517	0.536	0.554	0.572	0.590	0.609	0.627	0.645
$v = 0.2$	0.069	0.092	0.115	0.136	0.157	0.178	0.197	0.215	0.234	0.253	0.271	0.290	0.308	0.327	0.345	0.363	0.382	0.400	0.418	0.436	0.455	0.473	0.491	0.509	0.528	0.546	0.564	0.582	0.600	0.619	0.637
$v = 0.3$	0.088	0.105	0.123	0.140	0.159	0.177	0.195	0.213	0.231	0.249	0.267	0.285	0.303	0.321	0.339	0.357	0.375	0.393	0.412	0.430	0.448	0.466	0.484	0.502	0.520	0.538	0.557	0.575	0.593	0.611	0.629
$v = 0.4$	0.096	0.109	0.124	0.140	0.157	0.174	0.191	0.209	0.226	0.244	0.262	0.279	0.297	0.315	0.333	0.351	0.369	0.387	0.405	0.423	0.441	0.459	0.477	0.495	0.513	0.531	0.549	0.567	0.585	0.603	0.621
$v = 0.5$	0.091	0.106	0.119	0.134	0.149	0.165	0.181	0.198	0.215	0.232	0.250	0.268	0.286	0.304	0.323	0.341	0.359	0.378	0.396	0.414	0.433	0.451	0.469	0.487	0.505	0.523	0.541	0.559	0.577	0.595	0.613
$v = 0.6$	0.074	0.094	0.110	0.125	0.140	0.155	0.171	0.186	0.203	0.220	0.237	0.254	0.272	0.289	0.307	0.325	0.343	0.361	0.380	0.398	0.416	0.434	0.453	0.471	0.490	0.508	0.527	0.545	0.564	0.582	0.601
$v = 0.7$	0.047	0.073	0.094	0.112	0.129	0.144	0.160	0.175	0.191	0.207	0.224	0.241	0.258	0.275	0.292	0.310	0.328	0.346	0.364	0.382	0.400	0.418	0.436	0.454	0.473	0.491	0.509	0.528	0.546	0.565	0.583
$v = 0.8$	0.015	0.044	0.071	0.093	0.113	0.131	0.147	0.163	0.179	0.195	0.211	0.227	0.244	0.261	0.278	0.295	0.313	0.331	0.348	0.366	0.384	0.402	0.420	0.438	0.456	0.474	0.492	0.510	0.529	0.547	0.566
$v = 0.9$		0.013	0.041	0.068	0.092	0.113	0.132	0.149	0.166	0.182	0.198	0.214	0.231	0.247	0.264	0.281	0.298	0.316	0.333	0.350	0.368	0.386	0.403	0.421	0.439	0.457	0.475	0.493	0.511	0.530	0.548
$v = 1.0$			0.012	0.038	0.065	0.090	0.112	0.132	0.151	0.168	0.184	0.201	0.217	0.234	0.250	0.267	0.284	0.301	0.318	0.335	0.353	0.370	0.388	0.405	0.423	0.441	0.459	0.477	0.495	0.513	0.531
$v = 1.1$				0.010	0.036	0.062	0.088	0.110	0.131	0.151	0.169	0.186	0.203	0.220	0.236	0.253	0.269	0.286	0.303	0.320	0.337	0.355	0.372	0.390	0.407	0.425	0.442	0.460	0.478	0.496	0.514
$v = 1.2$					0.010	0.034	0.059	0.086	0.109	0.130	0.150	0.169	0.188	0.205	0.221	0.238	0.255	0.271	0.288	0.306	0.322	0.340	0.357	0.374	0.391	0.409	0.426	0.444	0.462	0.480	0.497
$v = 1.3$						0.009	0.033	0.057	0.083	0.107	0.129	0.150	0.169	0.189	0.206	0.223	0.240	0.257	0.274	0.291	0.308	0.324	0.341	0.359	0.376	0.393	0.410	0.428	0.445	0.463	0.481
$v = 1.4$							0.008	0.032	0.055	0.081	0.106	0.127	0.148	0.169	0.188	0.207	0.225	0.242	0.259	0.276	0.293	0.310	0.326	0.343	0.361	0.377	0.395	0.412	0.429	0.447	0.464
$v = 1.5$								0.008	0.030	0.054	0.078	0.104	0.126	0.148	0.168	0.188	0.207	0.227	0.244	0.260	0.278	0.294	0.311	0.328	0.345	0.362	0.379	0.396	0.413	0.431	0.448
$v = 1.6$									0.007	0.029	0.052	0.076	0.101	0.125	0.146	0.167	0.187	0.207	0.226	0.245	0.262	0.279	0.296	0.313	0.330	0.347	0.363	0.381	0.398	0.415	0.432
$v = 1.7$										0.007	0.028	0.051	0.075	0.099	0.123	0.145	0.167	0.187	0.207	0.226	0.245	0.264	0.281	0.298	0.315	0.331	0.348	0.365	0.382	0.400	0.417
$v = 1.8$											0.006	0.027	0.050	0.073	0.097	0.122	0.144	0.166	0.186	0.206	0.226	0.245	0.264	0.282	0.299	0.316	0.332	0.349	0.366	0.384	0.401
$v = 1.9$												0.006	0.027	0.048	0.071	0.095	0.120	0.143	0.164	0.185	0.205	0.225	0.244	0.263	0.282	0.299	0.316	0.334	0.351	0.368	0.385
$v = 2.0$													0.004	0.026	0.047	0.070	0.093	0.117	0.142	0.163	0.184	0.205	0.225	0.244	0.263	0.282	0.300	0.318	0.335	0.352	0.369
$v = 2.1$														0.002	0.025	0.046	0.069	0.092	0.116	0.140	0.163	0.183	0.204	0.224	0.244	0.263	0.281	0.300	0.319	0.336	0.353
$v = 2.2$																0.025	0.046	0.068	0.090	0.114	0.138	0.162	0.183	0.202	0.223	0.243	0.262	0.281	0.300	0.319	0.337
$v = 2.3$																	0.025	0.045	0.067	0.090	0.113	0.136	0.160	0.182	0.201	0.222	0.242	0.261	0.281	0.300	0.319
$v = 2.4$																		0.024	0.044	0.066	0.089	0.112	0.134	0.158	0.180	0.200	0.221	0.241	0.260	0.280	0.299
$v = 2.5$																			0.024	0.044	0.065	0.088	0.110	0.133	0.156	0.179	0.200	0.220	0.240	0.260	0.279



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,15$ e $\lambda = 60$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

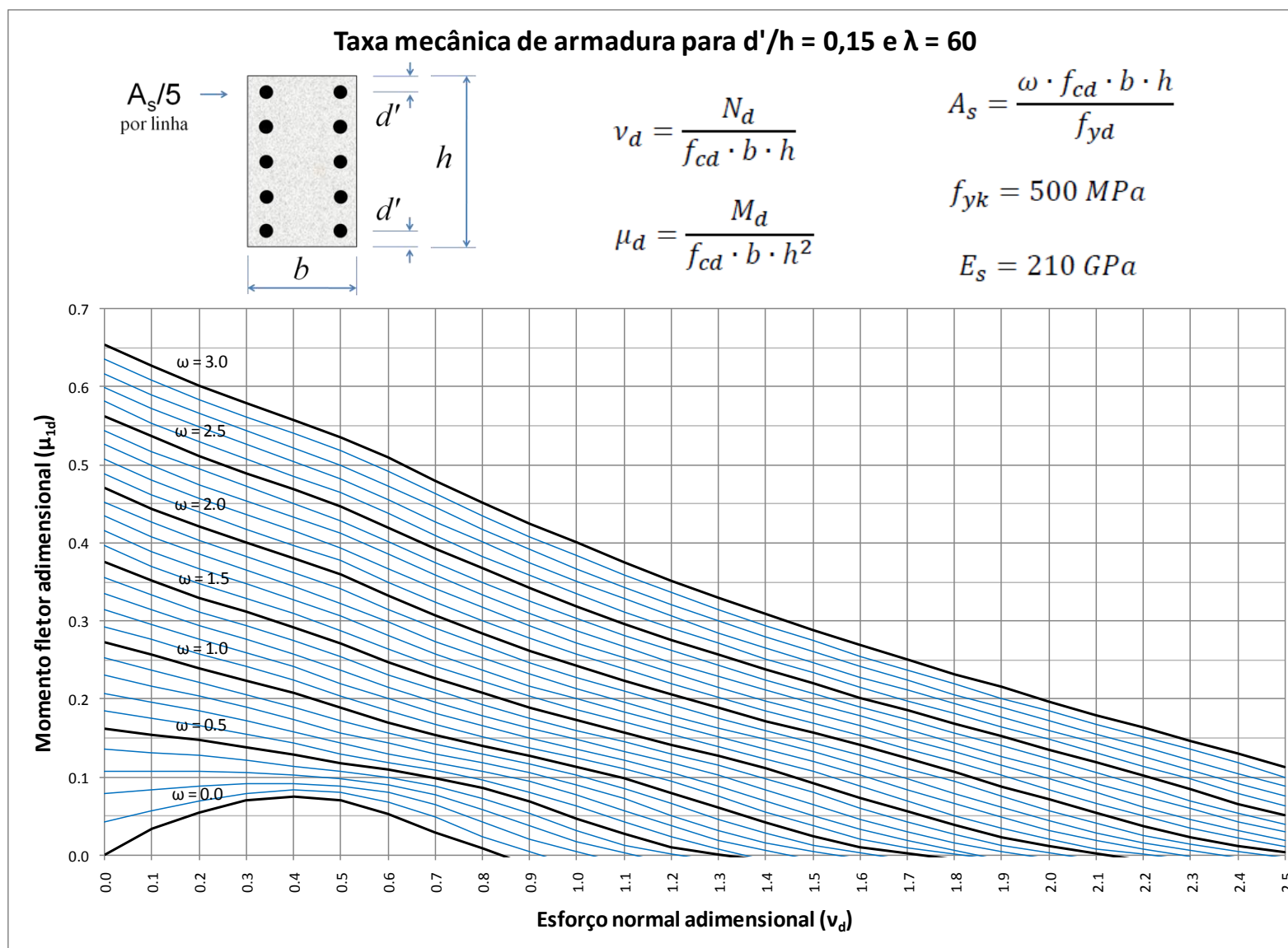
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

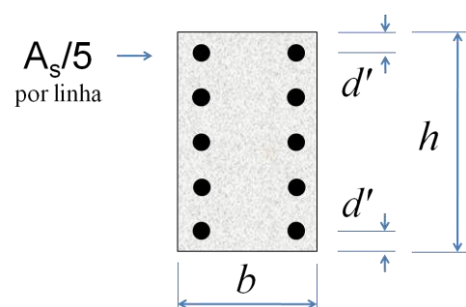
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.043	0.078	0.108	0.135	0.162	0.185	0.207	0.230	0.252	0.273	0.293	0.314	0.335	0.355	0.376	0.396	0.415	0.434	0.452	0.471	0.489	0.507	0.526	0.544	0.562	0.581	0.599	0.617	0.636	0.654
$v = 0.1$	0.033	0.056	0.083	0.108	0.131	0.154	0.175	0.196	0.216	0.237	0.257	0.277	0.296	0.314	0.333	0.352	0.370	0.389	0.407	0.426	0.444	0.462	0.481	0.499	0.517	0.536	0.554	0.572	0.590	0.609	0.627
$v = 0.2$	0.055	0.069	0.089	0.108	0.128	0.147	0.166	0.184	0.203	0.221	0.239	0.257	0.276	0.294	0.312	0.330	0.348	0.367	0.385	0.403	0.421	0.439	0.457	0.475	0.494	0.512	0.530	0.548	0.566	0.584	0.602
$v = 0.3$	0.070	0.078	0.091	0.106	0.122	0.138	0.155	0.172	0.189	0.206	0.224	0.241	0.259	0.276	0.294	0.312	0.329	0.347	0.365	0.383	0.401	0.418	0.436	0.454	0.472	0.490	0.508	0.526	0.544	0.562	0.580
$v = 0.4$	0.075	0.083	0.091	0.102	0.114	0.128	0.143	0.158	0.174	0.190	0.207	0.224	0.241	0.258	0.275	0.292	0.310	0.327	0.345	0.362	0.380	0.397	0.415	0.433	0.451	0.469	0.486	0.504	0.522	0.540	0.558
$v = 0.5$	0.070	0.080	0.088	0.097	0.107	0.118	0.130	0.143	0.157	0.172	0.188	0.204	0.220	0.237	0.254	0.271	0.288	0.306	0.323	0.341	0.359	0.377	0.394	0.412	0.429	0.447	0.464	0.482	0.500	0.518	0.535
$v = 0.6$	0.053	0.068	0.080	0.090	0.099	0.109	0.119	0.130	0.143	0.156	0.170	0.185	0.200	0.215	0.231	0.247	0.264	0.281	0.298	0.315	0.332	0.349	0.367	0.385	0.402	0.420	0.438	0.456	0.473	0.492	0.510
$v = 0.7$	0.029	0.048	0.064	0.077	0.088	0.099	0.109	0.119	0.130	0.142	0.154	0.168	0.182	0.196	0.211	0.226	0.242	0.258	0.274	0.290	0.307	0.324	0.341	0.358	0.375	0.393	0.410	0.427	0.445	0.463	0.480
$v = 0.8$	0.008	0.024	0.042	0.058	0.073	0.086	0.096	0.107	0.118	0.129	0.140	0.152	0.165	0.179	0.193	0.207	0.222	0.237	0.252	0.268	0.284	0.300	0.317	0.333	0.350	0.367	0.383	0.401	0.417	0.435	0.452
$v = 0.9$		0.005	0.020	0.037	0.053	0.068	0.081	0.094	0.105	0.116	0.127	0.138	0.150	0.163	0.176	0.189	0.203	0.217	0.232	0.247	0.262	0.278	0.294	0.310	0.326	0.342	0.358	0.375	0.392	0.408	0.425
$v = 1.0$			0.004	0.017	0.032	0.047	0.063	0.077	0.090	0.102	0.113	0.125	0.136	0.148	0.160	0.173	0.186	0.200	0.213	0.228	0.242	0.257	0.272	0.288	0.303	0.319	0.335	0.351	0.367	0.384	0.400
$v = 1.1$				0.003	0.013	0.027	0.042	0.057	0.072	0.085	0.098	0.110	0.122	0.133	0.145	0.157	0.170	0.183	0.196	0.210	0.223	0.238	0.252	0.267	0.282	0.297	0.312	0.328	0.343	0.359	0.375
$v = 1.2$					0.002	0.010	0.023	0.037	0.051	0.066	0.080	0.094	0.106	0.118	0.130	0.142	0.154	0.167	0.179	0.193	0.206	0.219	0.233	0.247	0.262	0.276	0.291	0.306	0.321	0.337	0.352
$v = 1.3$						0.001	0.008	0.019	0.032	0.046	0.060	0.075	0.089	0.102	0.115	0.127	0.139	0.151	0.163	0.176	0.189	0.202	0.215	0.229	0.243	0.256	0.271	0.285	0.300	0.315	0.330
$v = 1.4$							0.006	0.015	0.028	0.041	0.055	0.070	0.084	0.098	0.111	0.123	0.136	0.148	0.160	0.172	0.185	0.198	0.211	0.224	0.237	0.251	0.265	0.279	0.294	0.309	
$v = 1.5$								0.005	0.013	0.024	0.037	0.051	0.065	0.080	0.093	0.107	0.120	0.132	0.144	0.157	0.169	0.182	0.194	0.207	0.220	0.233	0.247	0.260	0.275	0.289	
$v = 1.6$									0.003	0.010	0.021	0.033	0.046	0.060	0.074	0.089	0.102	0.115	0.128	0.141	0.153	0.165	0.178	0.190	0.202	0.215	0.228	0.242	0.255	0.269	
$v = 1.7$										0.002	0.009	0.018	0.029	0.043	0.056	0.070	0.084	0.098	0.111	0.124	0.136	0.149	0.161	0.173	0.185	0.198	0.211	0.224	0.237	0.250	
$v = 1.8$											0.001	0.006	0.015	0.026	0.039	0.051	0.066	0.079	0.094	0.106	0.120	0.132	0.144	0.157	0.168	0.181	0.194	0.206	0.220	0.232	
$v = 1.9$													0.005	0.012	0.023	0.035	0.048	0.061	0.075	0.088	0.102	0.115	0.127	0.140	0.152	0.164	0.177	0.189	0.201	0.215	
$v = 2.0$														0.003	0.011	0.020	0.032	0.044	0.057	0.071	0.084	0.097	0.110	0.123	0.135	0.148	0.160	0.172	0.185	0.197	
$v = 2.1$															0.002	0.008	0.018	0.028	0.041	0.054	0.066	0.080	0.092	0.106	0.119	0.131	0.143	0.155	0.168	0.180	
$v = 2.2$																0.001	0.008	0.015	0.025	0.037	0.050	0.062	0.075	0.088	0.101	0.113	0.127	0.139	0.151	0.163	
$v = 2.3$																	0.006	0.014	0.023	0.035	0.046	0.059	0.070	0.084	0.097	0.109	0.122	0.135	0.146		
$v = 2.4$																		0.005	0.012	0.022	0.031	0.043	0.054	0.066	0.079	0.091	0.104	0.118	0.130		
$v = 2.5$																			0.004	0.010	0.019	0.029	0.040	0.051	0.063	0.075	0.088	0.100	0.113		



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,15$ e $\lambda = 90$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

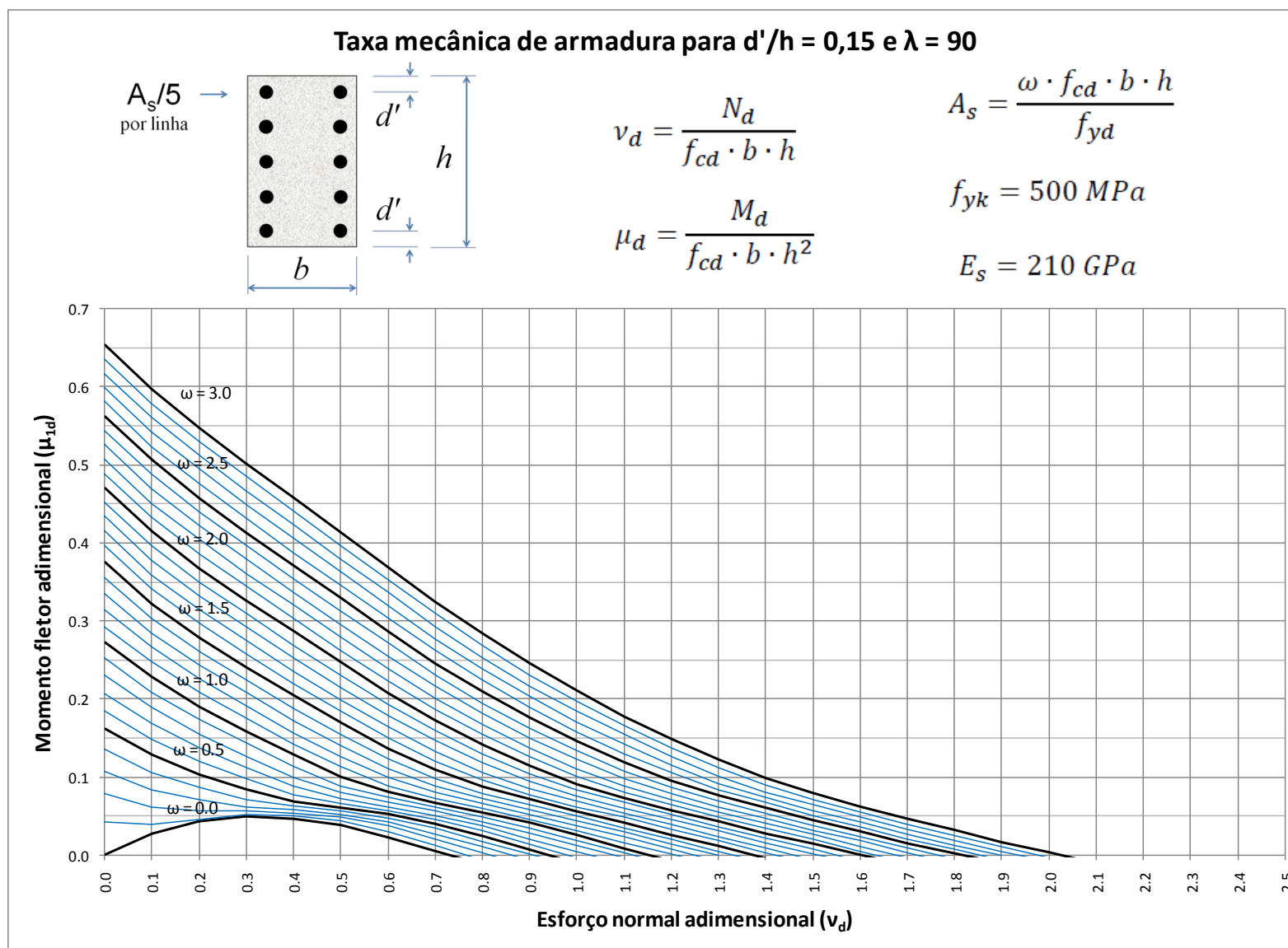
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yk}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

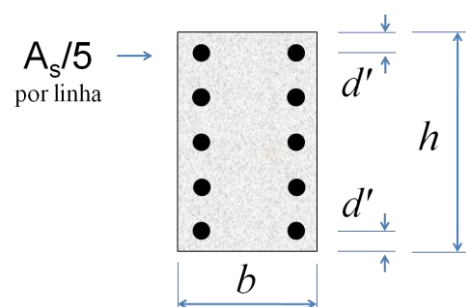
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$	
$v = 0.0$	0.000	0.043	0.078	0.108	0.135	0.162	0.185	0.207	0.230	0.252	0.273	0.293	0.314	0.335	0.355	0.376	0.396	0.415	0.434	0.452	0.471	0.489	0.507	0.526	0.544	0.562	0.581	0.599	0.617	0.636	0.654	
$v = 0.1$	0.028	0.039	0.061	0.084	0.106	0.128	0.148	0.169	0.189	0.209	0.229	0.248	0.267	0.285	0.304	0.322	0.341	0.359	0.378	0.396	0.415	0.433	0.451	0.469	0.488	0.506	0.524	0.543	0.561	0.579	0.597	
$v = 0.2$	0.043	0.046	0.056	0.071	0.087	0.103	0.120	0.138	0.155	0.173	0.190	0.208	0.226	0.244	0.261	0.279	0.297	0.315	0.332	0.350	0.368	0.386	0.404	0.422	0.440	0.458	0.476	0.494	0.512	0.530	0.548	
$v = 0.3$	0.049	0.052	0.056	0.062	0.071	0.084	0.098	0.112	0.127	0.143	0.159	0.175	0.191	0.208	0.224	0.241	0.258	0.275	0.292	0.310	0.327	0.344	0.361	0.379	0.396	0.414	0.432	0.449	0.467	0.485	0.502	
$v = 0.4$	0.047	0.051	0.054	0.058	0.063	0.069	0.077	0.088	0.100	0.114	0.128	0.142	0.157	0.172	0.188	0.204	0.220	0.236	0.253	0.269	0.286	0.303	0.320	0.337	0.354	0.371	0.388	0.406	0.423	0.441	0.458	
$v = 0.5$	0.039	0.044	0.048	0.052	0.057	0.061	0.066	0.073	0.080	0.089	0.100	0.113	0.126	0.140	0.154	0.169	0.184	0.199	0.215	0.231	0.247	0.263	0.280	0.296	0.313	0.329	0.346	0.363	0.380	0.397	0.414	
$v = 0.6$	0.022	0.030	0.037	0.042	0.047	0.052	0.057	0.062	0.067	0.074	0.081	0.089	0.099	0.111	0.123	0.136	0.150	0.164	0.178	0.193	0.208	0.223	0.239	0.254	0.271	0.286	0.303	0.319	0.336	0.353	0.369	
$v = 0.7$	0.005	0.012	0.020	0.027	0.034	0.040	0.045	0.050	0.056	0.061	0.067	0.073	0.080	0.088	0.098	0.109	0.120	0.133	0.146	0.159	0.173	0.187	0.201	0.216	0.231	0.246	0.262	0.277	0.293	0.309	0.325	
$v = 0.8$			0.003	0.010	0.017	0.024	0.031	0.037	0.043	0.048	0.054	0.060	0.066	0.072	0.079	0.087	0.096	0.106	0.118	0.130	0.142	0.154	0.168	0.181	0.195	0.209	0.224	0.239	0.253	0.269	0.284	
$v = 0.9$					0.001	0.007	0.014	0.021	0.028	0.034	0.041	0.046	0.052	0.058	0.064	0.071	0.077	0.085	0.094	0.104	0.114	0.126	0.138	0.150	0.163	0.176	0.190	0.203	0.217	0.231	0.245	
$v = 1.0$								0.005	0.012	0.019	0.025	0.032	0.038	0.044	0.050	0.056	0.062	0.069	0.076	0.083	0.091	0.101	0.111	0.123	0.134	0.146	0.158	0.171	0.184	0.197	0.211	
$v = 1.1$										0.003	0.009	0.016	0.023	0.029	0.035	0.041	0.048	0.054	0.060	0.067	0.073	0.081	0.089	0.098	0.108	0.119	0.130	0.142	0.154	0.166	0.178	
$v = 1.2$												0.001	0.007	0.014	0.020	0.026	0.033	0.039	0.045	0.052	0.058	0.064	0.071	0.079	0.086	0.095	0.105	0.115	0.126	0.137	0.149	
$v = 1.3$															0.005	0.011	0.018	0.024	0.031	0.036	0.043	0.049	0.055	0.062	0.069	0.076	0.084	0.092	0.101	0.112	0.123	
$v = 1.4$																	0.003	0.009	0.015	0.022	0.028	0.034	0.041	0.047	0.053	0.060	0.067	0.074	0.081	0.090	0.099	
$v = 1.5$																			0.002	0.007	0.014	0.020	0.026	0.032	0.038	0.044	0.051	0.057	0.064	0.071	0.079	
$v = 1.6$																						0.005	0.011	0.018	0.023	0.030	0.036	0.042	0.049	0.055	0.062	
$v = 1.7$																								0.003	0.009	0.015	0.021	0.027	0.033	0.040	0.046	
$v = 1.8$																										0.002	0.007	0.013	0.019	0.025	0.032	
$v = 1.9$																											0.002	0.007	0.013	0.019	0.025	0.032
$v = 1.9$																													0.005	0.011	0.017	
$v = 2.0$																																0.003
$v = 2.1$																																
$v = 2.2$																																
$v = 2.3$																																
$v = 2.4$																																
$v = 2.5$																																



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,20$ e $\lambda = 0$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

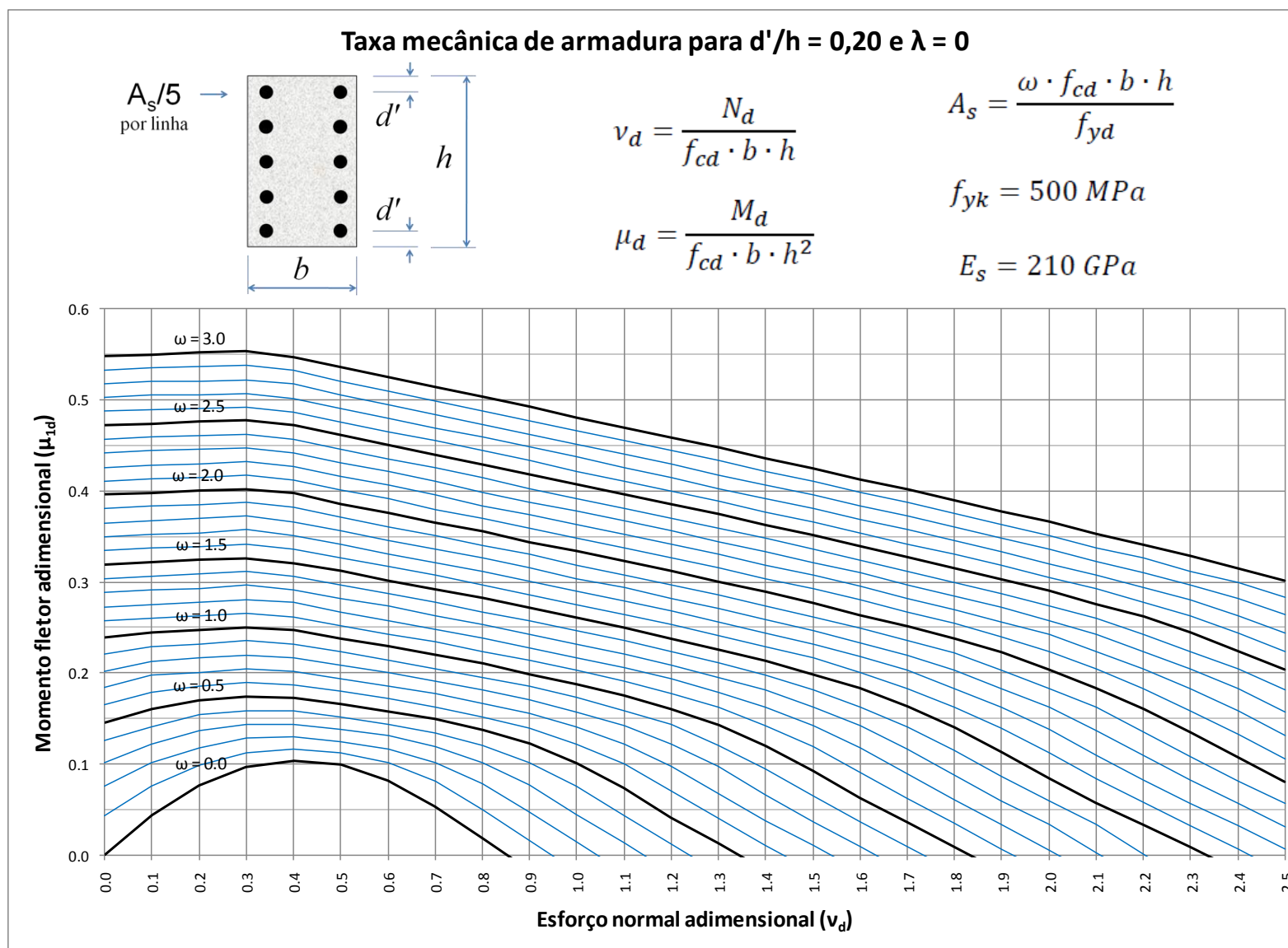
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

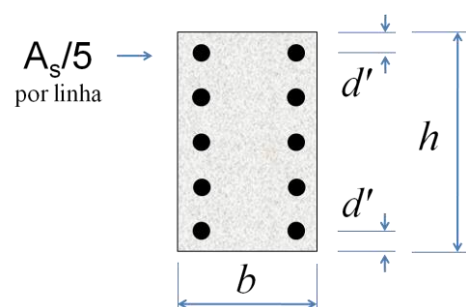
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.043	0.076	0.102	0.126	0.146	0.165	0.184	0.202	0.221	0.239	0.257	0.272	0.288	0.303	0.319	0.334	0.350	0.365	0.381	0.396	0.411	0.426	0.442	0.457	0.472	0.488	0.503	0.518	0.533	0.548
$v = 0.1$	0.044	0.076	0.101	0.122	0.141	0.160	0.179	0.197	0.213	0.229	0.244	0.260	0.275	0.291	0.306	0.322	0.337	0.352	0.367	0.383	0.398	0.413	0.428	0.444	0.459	0.474	0.489	0.505	0.520	0.535	0.550
$v = 0.2$	0.076	0.099	0.118	0.137	0.154	0.170	0.185	0.201	0.217	0.232	0.247	0.263	0.278	0.293	0.309	0.324	0.339	0.354	0.370	0.385	0.400	0.415	0.430	0.446	0.461	0.476	0.491	0.506	0.521	0.537	0.552
$v = 0.3$	0.096	0.112	0.128	0.144	0.159	0.174	0.190	0.205	0.220	0.235	0.250	0.266	0.281	0.296	0.311	0.326	0.341	0.357	0.372	0.387	0.402	0.417	0.432	0.447	0.462	0.477	0.492	0.507	0.522	0.538	0.553
$v = 0.4$	0.103	0.116	0.130	0.144	0.158	0.173	0.187	0.202	0.217	0.232	0.247	0.261	0.277	0.291	0.306	0.321	0.336	0.351	0.366	0.382	0.397	0.412	0.427	0.442	0.457	0.472	0.487	0.502	0.517	0.532	0.547
$v = 0.5$	0.099	0.112	0.125	0.138	0.152	0.166	0.180	0.194	0.209	0.223	0.238	0.252	0.267	0.282	0.297	0.312	0.327	0.341	0.356	0.371	0.386	0.401	0.416	0.431	0.446	0.461	0.476	0.491	0.506	0.521	0.536
$v = 0.6$	0.082	0.101	0.117	0.131	0.144	0.158	0.172	0.186	0.200	0.214	0.229	0.243	0.258	0.273	0.287	0.302	0.317	0.331	0.346	0.361	0.376	0.391	0.406	0.421	0.435	0.450	0.465	0.480	0.495	0.510	0.525
$v = 0.7$	0.053	0.081	0.102	0.119	0.134	0.149	0.163	0.177	0.191	0.205	0.220	0.234	0.248	0.263	0.277	0.292	0.307	0.321	0.336	0.351	0.365	0.380	0.395	0.410	0.425	0.440	0.455	0.469	0.484	0.499	0.514
$v = 0.8$	0.018	0.050	0.079	0.102	0.121	0.137	0.152	0.167	0.181	0.195	0.210	0.224	0.238	0.253	0.267	0.282	0.296	0.311	0.326	0.340	0.355	0.370	0.384	0.399	0.414	0.429	0.444	0.459	0.473	0.488	0.503
$v = 0.9$		0.016	0.047	0.077	0.102	0.122	0.139	0.155	0.170	0.185	0.199	0.214	0.228	0.243	0.257	0.271	0.286	0.301	0.315	0.330	0.344	0.359	0.374	0.388	0.403	0.418	0.433	0.448	0.462	0.477	0.492
$v = 1.0$			0.014	0.045	0.075	0.101	0.122	0.141	0.157	0.173	0.188	0.203	0.217	0.232	0.246	0.261	0.275	0.290	0.304	0.319	0.334	0.348	0.363	0.378	0.392	0.407	0.422	0.437	0.451	0.466	0.481
$v = 1.1$				0.013	0.043	0.073	0.100	0.122	0.142	0.159	0.175	0.191	0.206	0.221	0.235	0.250	0.264	0.279	0.294	0.308	0.323	0.337	0.352	0.367	0.381	0.396	0.411	0.426	0.440	0.455	0.470
$v = 1.2$					0.012	0.041	0.070	0.098	0.122	0.143	0.161	0.177	0.193	0.208	0.223	0.238	0.253	0.268	0.282	0.297	0.312	0.326	0.341	0.356	0.370	0.385	0.400	0.414	0.429	0.444	0.459
$v = 1.3$						0.012	0.040	0.068	0.097	0.121	0.143	0.162	0.179	0.195	0.211	0.226	0.241	0.256	0.271	0.286	0.300	0.315	0.330	0.344	0.359	0.374	0.389	0.403	0.418	0.433	0.448
$v = 1.4$							0.011	0.038	0.066	0.095	0.120	0.142	0.163	0.181	0.197	0.213	0.229	0.244	0.259	0.274	0.289	0.304	0.318	0.333	0.348	0.362	0.377	0.392	0.407	0.422	0.436
$v = 1.5$								0.010	0.037	0.065	0.093	0.119	0.142	0.163	0.182	0.199	0.216	0.231	0.247	0.262	0.277	0.292	0.307	0.321	0.336	0.351	0.366	0.381	0.395	0.410	0.425
$v = 1.6$									0.009	0.036	0.063	0.091	0.118	0.142	0.163	0.183	0.201	0.218	0.233	0.249	0.264	0.280	0.295	0.310	0.324	0.339	0.354	0.369	0.384	0.399	0.413
$v = 1.7$										0.009	0.035	0.062	0.089	0.116	0.141	0.163	0.183	0.203	0.220	0.236	0.251	0.267	0.282	0.297	0.312	0.327	0.342	0.357	0.372	0.387	0.402
$v = 1.8$											0.008	0.035	0.061	0.088	0.115	0.140	0.162	0.183	0.203	0.222	0.238	0.254	0.269	0.285	0.300	0.315	0.330	0.345	0.360	0.375	0.390
$v = 1.9$												0.007	0.034	0.060	0.086	0.113	0.140	0.162	0.183	0.203	0.223	0.240	0.256	0.272	0.287	0.303	0.318	0.333	0.348	0.363	0.378
$v = 2.0$													0.005	0.034	0.059	0.085	0.112	0.138	0.162	0.183	0.204	0.223	0.242	0.258	0.274	0.290	0.305	0.320	0.336	0.351	0.366
$v = 2.1$														0.003	0.033	0.058	0.084	0.110	0.136	0.162	0.183	0.204	0.224	0.243	0.260	0.276	0.292	0.308	0.323	0.338	0.353
$v = 2.2$															0.001	0.033	0.058	0.083	0.109	0.135	0.161	0.183	0.204	0.224	0.243	0.262	0.278	0.294	0.310	0.326	0.341
$v = 2.3$																	0.032	0.057	0.082	0.108	0.134	0.159	0.183	0.204	0.224	0.244	0.263	0.281	0.297	0.312	0.328
$v = 2.4$																		0.032	0.056	0.081	0.107	0.132	0.158	0.183	0.204	0.224	0.244	0.263	0.282	0.299	0.315
$v = 2.5$																			0.031	0.056	0.081	0.106	0.131	0.157	0.182	0.204	0.224	0.244	0.264	0.283	0.301



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,20$ e $\lambda = 30$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

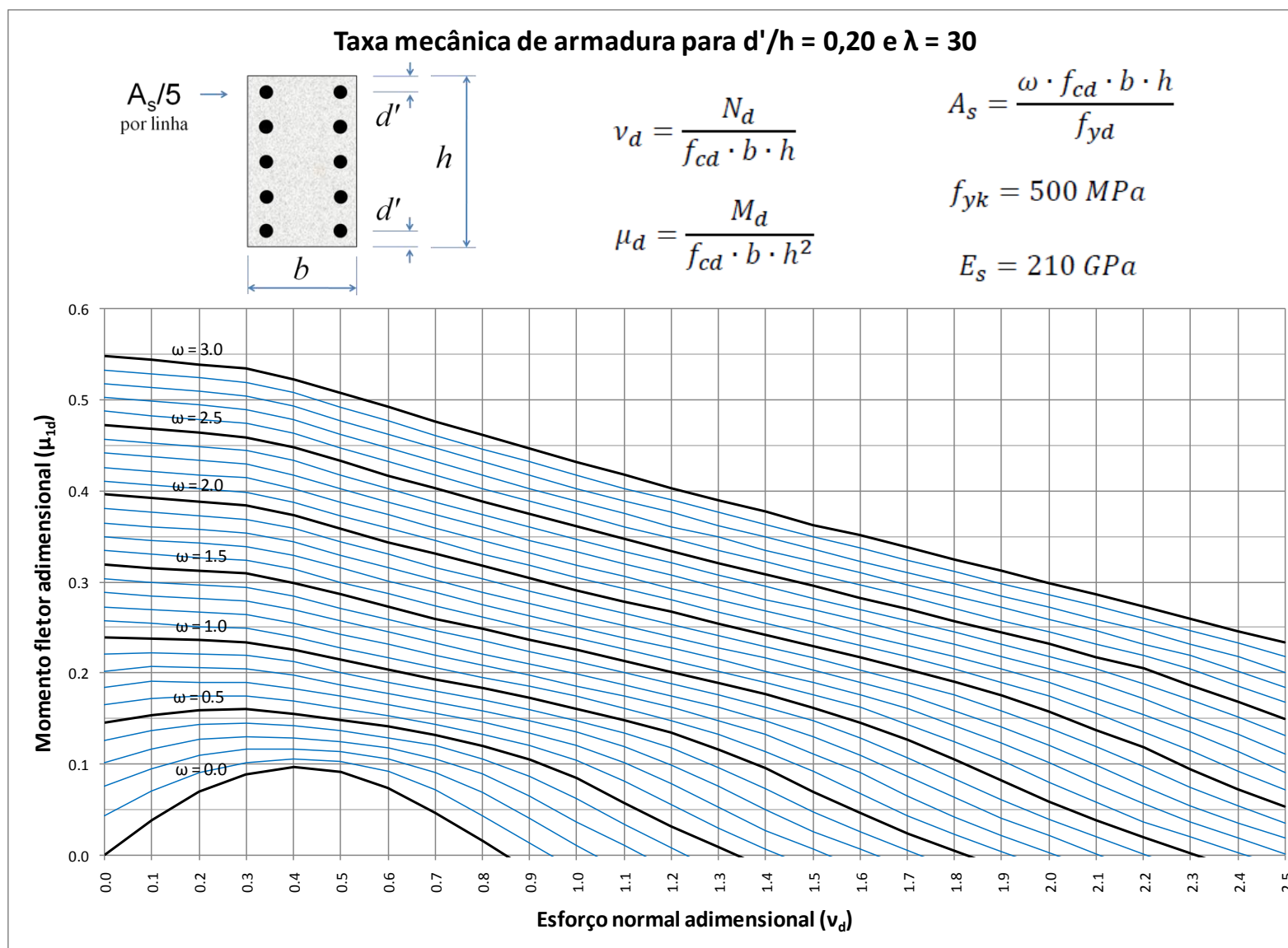
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

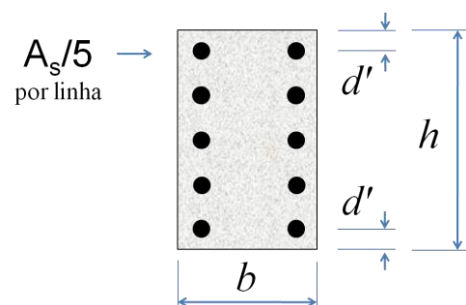
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$v = 0.0$	0.000	0.043	0.076	0.102	0.126	0.146	0.165	0.184	0.202	0.221	0.239	0.257	0.272	0.288	0.303	0.319	0.334	0.350	0.365	0.381	0.396	0.411	0.426	0.442	0.457	0.472	0.488	0.503	0.518	0.533	0.548
$v = 0.1$	0.039	0.070	0.095	0.116	0.136	0.154	0.172	0.191	0.207	0.222	0.238	0.254	0.269	0.285	0.300	0.315	0.331	0.346	0.361	0.376	0.392	0.407	0.422	0.437	0.453	0.468	0.483	0.498	0.513	0.529	0.544
$v = 0.2$	0.069	0.090	0.109	0.127	0.143	0.159	0.175	0.190	0.206	0.221	0.236	0.251	0.267	0.282	0.297	0.312	0.327	0.343	0.358	0.373	0.388	0.403	0.418	0.433	0.449	0.464	0.479	0.494	0.509	0.524	0.539
$v = 0.3$	0.088	0.102	0.116	0.130	0.145	0.160	0.174	0.189	0.204	0.219	0.234	0.249	0.264	0.279	0.294	0.309	0.324	0.339	0.354	0.369	0.384	0.399	0.414	0.429	0.444	0.459	0.474	0.489	0.504	0.519	0.534
$v = 0.4$	0.096	0.106	0.117	0.129	0.142	0.155	0.169	0.183	0.197	0.212	0.226	0.240	0.255	0.270	0.285	0.299	0.314	0.329	0.344	0.359	0.373	0.388	0.403	0.418	0.433	0.448	0.463	0.478	0.493	0.508	0.523
$v = 0.5$	0.091	0.103	0.114	0.125	0.136	0.148	0.161	0.174	0.187	0.201	0.214	0.228	0.243	0.257	0.271	0.286	0.300	0.315	0.329	0.344	0.359	0.373	0.388	0.403	0.418	0.433	0.447	0.462	0.477	0.492	0.507
$v = 0.6$	0.074	0.092	0.106	0.118	0.129	0.141	0.153	0.165	0.177	0.190	0.204	0.217	0.231	0.245	0.259	0.273	0.287	0.301	0.316	0.330	0.344	0.359	0.374	0.388	0.403	0.417	0.432	0.447	0.462	0.477	0.492
$v = 0.7$	0.047	0.072	0.091	0.106	0.120	0.132	0.144	0.156	0.168	0.180	0.193	0.206	0.219	0.233	0.246	0.260	0.274	0.288	0.302	0.316	0.331	0.345	0.359	0.374	0.388	0.403	0.417	0.432	0.447	0.461	0.476
$v = 0.8$	0.015	0.043	0.069	0.089	0.106	0.120	0.133	0.146	0.158	0.171	0.183	0.195	0.208	0.221	0.235	0.248	0.261	0.275	0.289	0.303	0.317	0.331	0.345	0.360	0.374	0.388	0.403	0.417	0.432	0.446	0.461
$v = 0.9$		0.013	0.040	0.065	0.087	0.105	0.120	0.134	0.147	0.160	0.172	0.185	0.197	0.210	0.223	0.236	0.249	0.263	0.276	0.290	0.304	0.318	0.332	0.346	0.360	0.374	0.389	0.403	0.417	0.432	0.446
$v = 1.0$			0.011	0.037	0.062	0.084	0.104	0.120	0.135	0.148	0.161	0.174	0.186	0.199	0.212	0.225	0.238	0.251	0.264	0.278	0.291	0.305	0.319	0.333	0.347	0.361	0.375	0.389	0.403	0.417	0.432
$v = 1.1$				0.010	0.034	0.058	0.081	0.101	0.119	0.134	0.148	0.161	0.174	0.187	0.200	0.213	0.226	0.239	0.252	0.265	0.278	0.292	0.306	0.320	0.333	0.347	0.361	0.375	0.389	0.403	0.418
$v = 1.2$					0.008	0.031	0.055	0.079	0.099	0.118	0.134	0.148	0.162	0.175	0.188	0.201	0.214	0.227	0.240	0.253	0.267	0.280	0.293	0.307	0.321	0.334	0.348	0.361	0.376	0.390	0.403
$v = 1.3$						0.008	0.029	0.052	0.076	0.096	0.116	0.133	0.148	0.162	0.176	0.189	0.202	0.215	0.228	0.241	0.254	0.267	0.280	0.294	0.308	0.321	0.335	0.349	0.362	0.376	0.390
$v = 1.4$							0.007	0.027	0.050	0.073	0.095	0.113	0.132	0.148	0.162	0.176	0.189	0.202	0.216	0.229	0.242	0.255	0.268	0.281	0.295	0.308	0.322	0.335	0.349	0.363	0.377
$v = 1.5$								0.006	0.026	0.047	0.070	0.092	0.111	0.130	0.147	0.162	0.176	0.190	0.203	0.216	0.230	0.242	0.256	0.269	0.282	0.296	0.309	0.323	0.336	0.350	0.363
$v = 1.6$									0.006	0.025	0.046	0.067	0.090	0.110	0.128	0.146	0.162	0.176	0.190	0.203	0.217	0.230	0.243	0.257	0.270	0.283	0.296	0.310	0.323	0.337	0.351
$v = 1.7$										0.005	0.024	0.043	0.065	0.087	0.107	0.126	0.144	0.161	0.176	0.190	0.204	0.218	0.230	0.244	0.258	0.270	0.284	0.297	0.310	0.324	0.338
$v = 1.8$											0.005	0.023	0.042	0.063	0.084	0.105	0.124	0.142	0.159	0.176	0.190	0.204	0.218	0.231	0.245	0.257	0.271	0.284	0.298	0.311	0.325
$v = 1.9$												0.004	0.022	0.041	0.061	0.082	0.104	0.123	0.141	0.158	0.175	0.190	0.204	0.218	0.232	0.245	0.258	0.272	0.285	0.298	0.312
$v = 2.0$													0.003	0.021	0.039	0.059	0.080	0.101	0.121	0.139	0.157	0.174	0.190	0.204	0.218	0.232	0.245	0.259	0.272	0.286	0.299
$v = 2.1$														0.001	0.020	0.038	0.058	0.078	0.099	0.119	0.138	0.155	0.172	0.189	0.205	0.218	0.232	0.246	0.259	0.273	0.287
$v = 2.2$																0.020	0.037	0.056	0.076	0.097	0.118	0.135	0.154	0.172	0.188	0.205	0.219	0.232	0.246	0.260	0.273
$v = 2.3$																	0.020	0.037	0.054	0.074	0.094	0.115	0.135	0.152	0.170	0.186	0.204	0.219	0.232	0.246	0.260
$v = 2.4$																		0.019	0.035	0.054	0.072	0.092	0.113	0.133	0.151	0.168	0.186	0.202	0.218	0.233	0.246
$v = 2.5$																			0.019	0.035	0.053	0.071	0.091	0.111	0.131	0.149	0.168	0.184	0.201	0.218	0.233



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,20$ e $\lambda = 60$



$$\nu_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

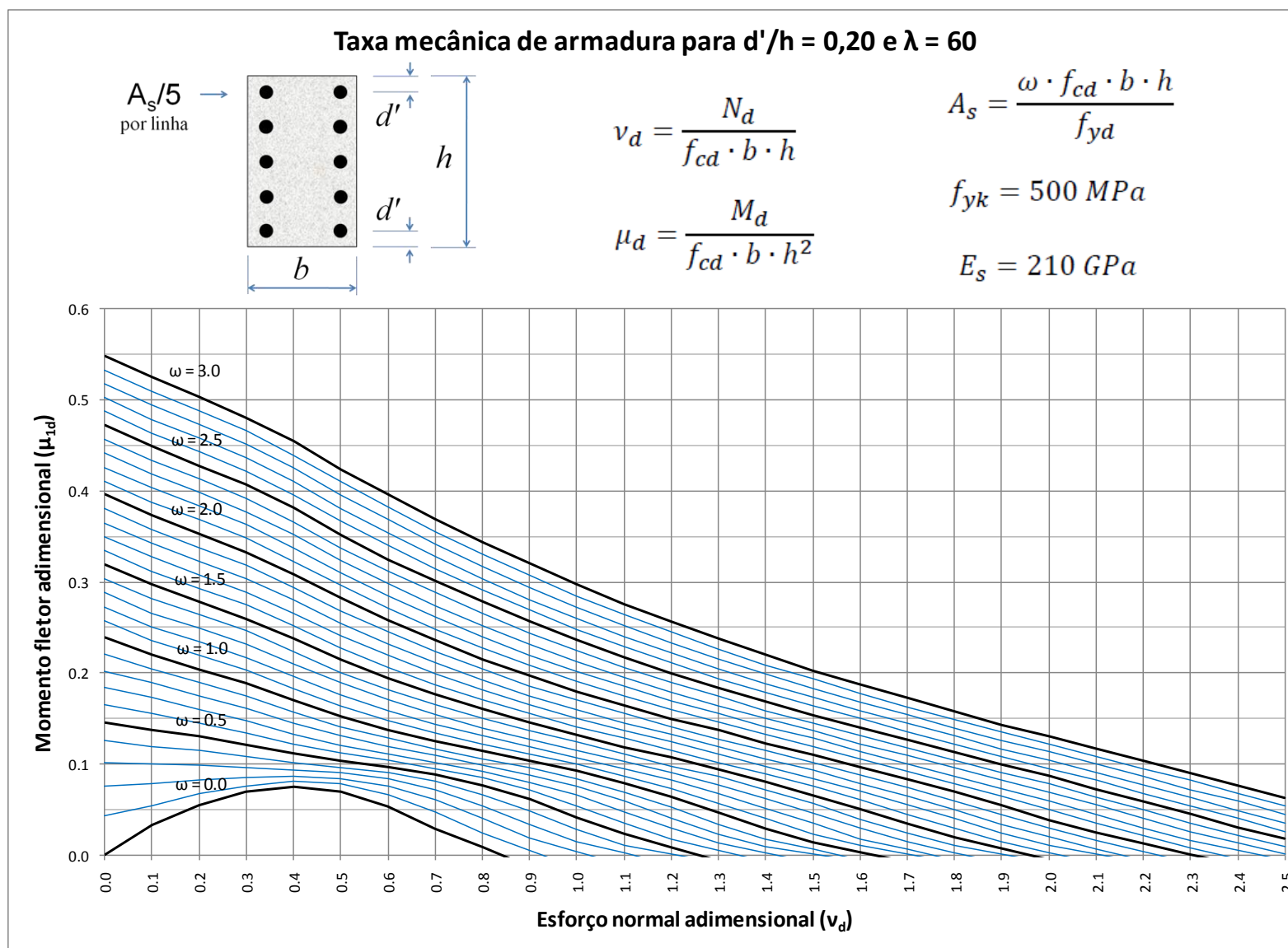
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

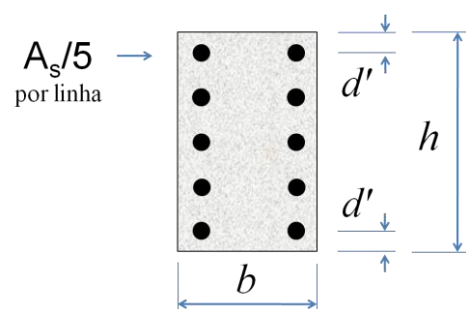
$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$
$\mathbf{v} = 0.0$	0.000	0.043	0.076	0.102	0.126	0.146	0.165	0.184	0.202	0.221	0.239	0.257	0.272	0.288	0.303	0.319	0.334	0.350	0.365	0.381	0.396	0.411	0.426	0.442	0.457	0.472	0.488	0.503	0.518	0.533	0.548
$\mathbf{v} = 0.1$	0.033	0.054	0.079	0.100	0.119	0.138	0.155	0.173	0.189	0.205	0.220	0.236	0.251	0.266	0.282	0.297	0.312	0.328	0.343	0.358	0.373	0.388	0.404	0.419	0.434	0.449	0.464	0.479	0.495	0.510	0.525
$\mathbf{v} = 0.2$	0.055	0.067	0.083	0.099	0.115	0.130	0.145	0.160	0.175	0.190	0.204	0.219	0.234	0.249	0.264	0.278	0.293	0.308	0.323	0.338	0.353	0.368	0.383	0.398	0.413	0.428	0.443	0.458	0.473	0.488	0.503
$\mathbf{v} = 0.3$	0.070	0.075	0.085	0.096	0.108	0.121	0.134	0.147	0.161	0.175	0.189	0.203	0.217	0.231	0.246	0.260	0.275	0.289	0.304	0.318	0.333	0.348	0.363	0.377	0.392	0.407	0.422	0.436	0.451	0.466	0.481
$\mathbf{v} = 0.4$	0.075	0.081	0.086	0.093	0.102	0.111	0.122	0.133	0.145	0.157	0.170	0.183	0.196	0.210	0.224	0.237	0.252	0.266	0.280	0.294	0.308	0.323	0.337	0.352	0.366	0.381	0.395	0.410	0.425	0.439	0.454
$\mathbf{v} = 0.5$	0.070	0.078	0.084	0.090	0.096	0.104	0.112	0.121	0.131	0.141	0.152	0.164	0.176	0.189	0.201	0.214	0.228	0.241	0.255	0.268	0.282	0.296	0.310	0.324	0.338	0.352	0.367	0.381	0.395	0.410	0.424
$\mathbf{v} = 0.6$	0.053	0.066	0.076	0.084	0.090	0.097	0.104	0.111	0.119	0.128	0.138	0.148	0.159	0.170	0.182	0.194	0.206	0.219	0.231	0.245	0.258	0.271	0.285	0.298	0.312	0.325	0.340	0.353	0.368	0.382	0.396
$\mathbf{v} = 0.7$	0.029	0.047	0.061	0.072	0.081	0.088	0.095	0.102	0.109	0.117	0.125	0.134	0.144	0.154	0.165	0.176	0.187	0.199	0.211	0.223	0.236	0.248	0.261	0.274	0.288	0.301	0.314	0.328	0.341	0.355	0.369
$\mathbf{v} = 0.8$	0.008	0.024	0.040	0.054	0.066	0.076	0.085	0.092	0.099	0.106	0.114	0.122	0.131	0.140	0.150	0.160	0.170	0.181	0.192	0.204	0.215	0.227	0.240	0.252	0.265	0.278	0.291	0.304	0.317	0.330	0.344
$\mathbf{v} = 0.9$		0.005	0.019	0.034	0.048	0.061	0.071	0.080	0.088	0.096	0.104	0.111	0.119	0.127	0.136	0.145	0.155	0.165	0.175	0.186	0.197	0.208	0.220	0.232	0.244	0.256	0.269	0.281	0.294	0.307	0.320
$\mathbf{v} = 1.0$			0.004	0.015	0.028	0.041	0.054	0.066	0.075	0.084	0.092	0.100	0.107	0.115	0.124	0.132	0.141	0.150	0.160	0.170	0.180	0.191	0.202	0.213	0.225	0.236	0.248	0.260	0.272	0.285	0.297
$\mathbf{v} = 1.1$				0.002	0.011	0.023	0.035	0.047	0.059	0.069	0.079	0.087	0.095	0.103	0.111	0.119	0.128	0.136	0.145	0.155	0.165	0.174	0.185	0.195	0.206	0.217	0.229	0.240	0.252	0.264	0.276
$\mathbf{v} = 1.2$					0.001	0.008	0.017	0.029	0.041	0.053	0.064	0.073	0.082	0.091	0.098	0.107	0.115	0.124	0.132	0.141	0.150	0.160	0.169	0.179	0.190	0.200	0.211	0.222	0.233	0.245	0.256
$\mathbf{v} = 1.3$						0.005	0.013	0.023	0.034	0.046	0.057	0.068	0.077	0.086	0.094	0.102	0.111	0.119	0.127	0.137	0.146	0.155	0.164	0.174	0.184	0.194	0.205	0.215	0.226	0.237	
$\mathbf{v} = 1.4$							0.002	0.009	0.018	0.029	0.040	0.051	0.062	0.071	0.081	0.089	0.098	0.106	0.115	0.123	0.132	0.141	0.150	0.159	0.169	0.179	0.188	0.199	0.209	0.220	
$\mathbf{v} = 1.5$								0.001	0.006	0.014	0.023	0.035	0.046	0.056	0.066	0.076	0.084	0.093	0.101	0.110	0.119	0.128	0.136	0.145	0.154	0.164	0.173	0.183	0.193	0.203	
$\mathbf{v} = 1.6$											0.003	0.010	0.018	0.029	0.039	0.050	0.061	0.070	0.079	0.088	0.097	0.106	0.114	0.122	0.131	0.140	0.150	0.158	0.168	0.178	
$\mathbf{v} = 1.7$												0.001	0.006	0.014	0.024	0.034	0.045	0.055	0.065	0.074	0.083	0.092	0.100	0.110	0.118	0.127	0.135	0.145	0.154	0.163	
$\mathbf{v} = 1.8$													0.003	0.010	0.019	0.029	0.040	0.050	0.060	0.069	0.078	0.087	0.096	0.104	0.113	0.122	0.131	0.140	0.149		
$\mathbf{v} = 1.9$														0.003	0.010	0.019	0.029	0.040	0.050	0.060	0.069	0.078	0.087	0.096	0.104	0.113	0.122	0.131	0.140		
$\mathbf{v} = 2.0$															0.001	0.007	0.015	0.024	0.034	0.045	0.055	0.065	0.073	0.083	0.091	0.100	0.108	0.117	0.126		
$\mathbf{v} = 2.1$																0.003	0.011	0.020	0.029	0.039	0.050	0.059	0.069	0.078	0.087	0.095	0.104	0.113	0.122		
$\mathbf{v} = 2.2$																	0.001	0.007	0.016	0.025	0.035	0.044	0.055	0.064	0.072	0.082	0.090	0.100	0.108		
$\mathbf{v} = 2.3$																		0.004	0.012	0.021	0.030	0.040	0.050	0.059	0.068	0.077	0.086	0.095	0.103		
$\mathbf{v} = 2.4$																			0.001	0.008	0.016	0.025	0.035	0.045	0.054	0.063	0.072	0.082	0.090		
$\mathbf{v} = 2.5$																				0.005	0.013	0.022	0.030	0.040	0.049	0.059	0.067	0.077			
$\mathbf{v} = 2.6$																					0.001	0.009	0.018	0.026	0.035	0.044	0.054	0.063			



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

Momento fletor adimensional de primeira ordem para $d'/h = 0,20$ e $\lambda = 90$



$$v_d = \frac{N_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h}$$

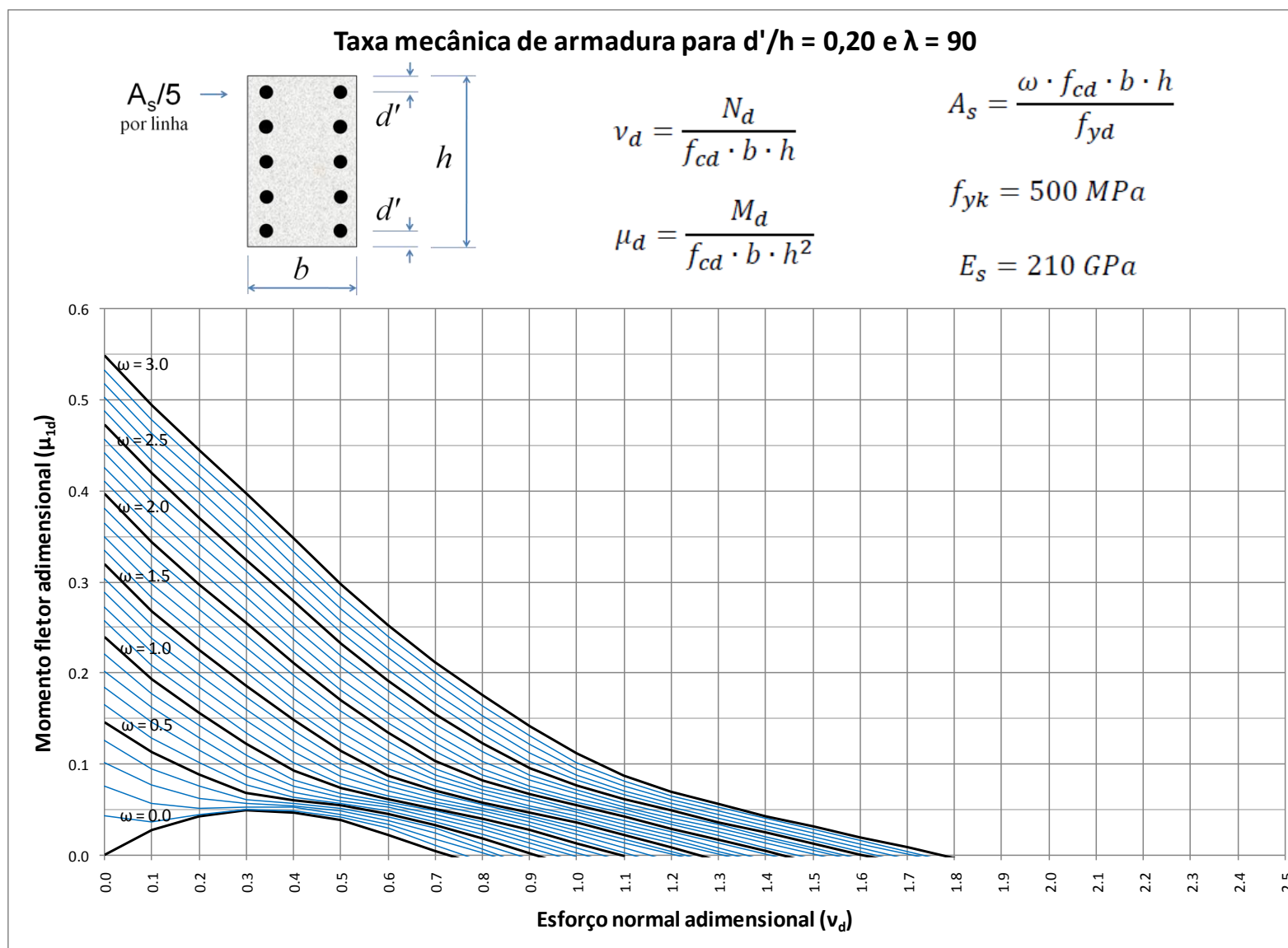
$$\mu_d = \frac{M_d}{f_{cd} \cdot b \cdot h^2}$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h}{f_{yd}}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

	$\omega = 0.0$	$\omega = 0.1$	$\omega = 0.2$	$\omega = 0.3$	$\omega = 0.4$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.6$	$\omega = 0.7$	$\omega = 0.8$	$\omega = 0.9$	$\omega = 1.0$	$\omega = 1.1$	$\omega = 1.2$	$\omega = 1.3$	$\omega = 1.4$	$\omega = 1.5$	$\omega = 1.6$	$\omega = 1.7$	$\omega = 1.8$	$\omega = 1.9$	$\omega = 2.0$	$\omega = 2.1$	$\omega = 2.2$	$\omega = 2.3$	$\omega = 2.4$	$\omega = 2.5$	$\omega = 2.6$	$\omega = 2.7$	$\omega = 2.8$	$\omega = 2.9$	$\omega = 3.0$	
$v = 0.0$	0.000	0.043	0.076	0.102	0.126	0.146	0.165	0.184	0.202	0.221	0.239	0.257	0.272	0.288	0.303	0.319	0.334	0.350	0.365	0.381	0.396	0.411	0.426	0.442	0.457	0.472	0.488	0.503	0.518	0.533	0.548	
$v = 0.1$	0.028	0.037	0.057	0.077	0.095	0.113	0.129	0.146	0.162	0.177	0.193	0.208	0.223	0.238	0.253	0.268	0.283	0.298	0.314	0.329	0.344	0.359	0.374	0.389	0.404	0.419	0.434	0.449	0.464	0.479	0.494	
$v = 0.2$	0.043	0.045	0.051	0.062	0.075	0.088	0.101	0.115	0.128	0.142	0.156	0.170	0.184	0.198	0.212	0.226	0.240	0.255	0.269	0.284	0.298	0.313	0.327	0.342	0.357	0.371	0.386	0.401	0.416	0.430	0.445	
$v = 0.3$	0.049	0.050	0.053	0.056	0.061	0.068	0.077	0.087	0.098	0.110	0.122	0.134	0.147	0.160	0.173	0.186	0.200	0.213	0.227	0.241	0.255	0.268	0.283	0.297	0.311	0.325	0.339	0.354	0.368	0.383	0.397	
$v = 0.4$	0.047	0.049	0.052	0.054	0.057	0.060	0.064	0.069	0.075	0.083	0.092	0.102	0.113	0.124	0.136	0.148	0.160	0.172	0.185	0.198	0.211	0.224	0.237	0.251	0.264	0.278	0.291	0.305	0.319	0.333	0.347	
$v = 0.5$	0.039	0.042	0.045	0.048	0.051	0.054	0.057	0.060	0.064	0.068	0.073	0.079	0.086	0.094	0.104	0.114	0.124	0.135	0.146	0.158	0.170	0.182	0.194	0.207	0.219	0.232	0.245	0.258	0.271	0.285	0.298	
$v = 0.6$	0.022	0.029	0.034	0.038	0.042	0.045	0.048	0.052	0.055	0.058	0.062	0.065	0.070	0.075	0.081	0.087	0.095	0.104	0.114	0.124	0.135	0.145	0.156	0.168	0.180	0.191	0.203	0.216	0.228	0.240	0.253	
$v = 0.7$	0.005	0.011	0.018	0.024	0.029	0.033	0.037	0.041	0.044	0.048	0.051	0.055	0.058	0.062	0.067	0.071	0.076	0.082	0.088	0.095	0.104	0.113	0.123	0.133	0.144	0.155	0.166	0.177	0.189	0.201	0.212	
$v = 0.8$			0.002	0.006	0.012	0.018	0.023	0.028	0.032	0.036	0.040	0.044	0.048	0.051	0.055	0.058	0.062	0.067	0.071	0.076	0.082	0.088	0.095	0.103	0.113	0.122	0.132	0.143	0.153	0.164	0.175	
$v = 0.9$					0.002	0.008	0.013	0.018	0.023	0.027	0.032	0.036	0.040	0.043	0.047	0.051	0.054	0.059	0.063	0.067	0.071	0.076	0.082	0.088	0.095	0.103	0.112	0.122	0.131	0.141		
$v = 1.0$									0.003	0.008	0.013	0.018	0.023	0.027	0.031	0.035	0.039	0.043	0.047	0.050	0.054	0.058	0.062	0.067	0.071	0.076	0.082	0.088	0.094	0.102	0.111	
$v = 1.1$												0.003	0.008	0.013	0.018	0.022	0.026	0.030	0.034	0.038	0.042	0.046	0.050	0.053	0.057	0.062	0.066	0.070	0.075	0.081	0.087	
$v = 1.2$														0.001	0.004	0.008	0.013	0.017	0.022	0.026	0.029	0.034	0.037	0.041	0.045	0.049	0.053	0.057	0.061	0.065	0.070	
$v = 1.3$																	0.001	0.004	0.008	0.013	0.017	0.021	0.025	0.029	0.033	0.036	0.040	0.044	0.048	0.052	0.056	
$v = 1.4$																					0.001	0.004	0.008	0.013	0.017	0.020	0.025	0.028	0.032	0.036	0.040	
$v = 1.5$																							0.001	0.005	0.008	0.012	0.016	0.020	0.024	0.028	0.032	
$v = 1.6$																											0.001	0.004	0.008	0.012	0.016	0.019
$v = 1.7$																													0.001	0.004	0.008	
$v = 1.8$																																
$v = 1.9$																																
$v = 2.0$																																
$v = 2.1$																																
$v = 2.2$																																
$v = 2.3$																																
$v = 2.4$																																
$v = 2.5$																																



Desenvolvido por Kleyser Ribeiro, com o auxílio do Programa GAP-PAPilar, sob orientação de Daniel Domingues Loriggio. O programa GAP-PAPilar é de autoria de Kleyser Ribeiro e Daniel Domingues Loriggio. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.